

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Gestión**

Programa de Maestría en Finanzas y Gestión de Riesgos

**Desarrollo de un modelo de estimación de depósitos  
monetarios para un banco privado**

Autor: Pablo Fernando Pérez Cargua

Tutor: Paul Noboa García

**Quito, 2017**



## **Cláusula de Cesión de Derechos de Publicación**

Yo, Pablo Fernando Pérez Cargua, autor de la tesis intitulada *Desarrollo de un modelo de Estimación de Depósitos Monetarios para un Banco Privado* mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Finanzas y Gestión de Riesgos, en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.

2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.

3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha: Quito, 02 de octubre de 2017

Firma: .....

## **Resumen**

La economía de un país mantiene un pilar fundamental en el cual apoya su crecimiento, el sistema financiero permite un desarrollo social y productivo. Cada Institución Financiera mantiene una estructura de balance diferente en función de su capacidad para atraer depositantes y colocar créditos, es decir, intermediación. Estas capacidades le permiten crecer de forma armónica cuando mantiene una fuente de fondeo constante tanto en el corto como en el largo plazo, o en su defecto, reducir su tamaño en función del comportamiento negativo de esta fuente, los depositantes.

Al enfocarnos en los bancos privados, los diversos escenarios de liquidez que mantienen son generados por el comportamiento de los clientes, y estos a su vez determinan sus necesidades de liquidez en función de su perspectiva económica, es decir, el riesgo que perciben frente a varios factores que van desde políticas de gobierno hasta necesidades puntuales como el ahorro y el consumo.

Por tanto, el riesgo de liquidez que puede mantener un banco privado está centrado, en su mayor porcentaje, en los depósitos volátiles de sus clientes y dentro del plan de cuentas nos referimos a los depósitos a la vista. En este contexto es necesario analizar el flujo mensual de los depósitos para establecer proyecciones que permiten desarrollar escenarios liquidez y generar estrategias de gestión del riesgo de liquidez.

El presente trabajo establece la comparación de modelos econométricos de Series de Tiempo y Multivariantes para la proyección de depósitos mensuales. Y para lograr las proyecciones este trabajo propone cuatro capítulos.

En el capítulo uno se analiza aspectos generales sobre los depósitos, riesgo de liquidez, variables macroeconómicas, modelos de series de tiempo y modelos multivariantes.

En el capítulo dos se desarrollan modelos tanto de series de tiempo como multivariantes bajo programación en software R-studio.

En el capítulo tres se selecciona el mejor modelo en función de su backtesting para generar proyecciones mensuales.

Finalmente, el capítulo cuatro se establece conclusiones y recomendaciones sobre los modelos aplicados para la proyección de depósitos de un banco privado.

## **Agradecimientos**

Agradezco sinceramente a todo el personal docente del Programa de Maestría de Finanzas y Gestión de Riesgos de la prestigiosa Universidad Andina Simón Bolívar, quienes establecen los lineamientos e imparten conocimientos que permiten, a quienes cursamos el programa, ser unos profesionales competitivos y de excelencia.

A mi tutor por su tiempo y su apoyo y todas las personas que contribuyeron desinteresadamente en el desarrollo de este trabajo, por sus valiosos soportes y colaboración.

A Dios por todas sus bendiciones, a mis padres José y Mariana, a mis hermanos Mario y Alicia por su apoyo incondicional y consejos que me permitieron superar obstáculos y alcanzar metas.

Mi gratitud a todos.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis Padres que son mi fuerza e inspiración para ser cada día mejor, que me motivan a esforzarme constantemente para alcanzar sueños.

A mis segundos padres, mis hermanos, que con la practica me incentivan a seguir creciendo profesionalmente.

Sueño cumplido Papá, Mamá.

## Índice de Contenidos

<b>Capítulo primero.....</b>	<b>16</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>16</b>
1. Depósitos y Riesgo de Liquidez .....	16
1.1 Concepto e Historia del Dinero. ....	16
1.2 Demanda de Dinero. ....	16
1.3 Depósitos Bancarios. ....	17
1.4 Importancia de Depósitos Monetarios en un Banco Privado.....	18
1.5 Riesgo de Liquidez. ....	21
2. Variables Macroeconómicas .....	22
2.1 Variables Económicas y Modelo Económico. ....	22
2.2 Tasa de Interés. ....	23
2.3 La Inflación.....	24
2.5 Producto Interno Bruto (PIB) y Precio del Petróleo .....	24
2.6 Balanza de Pagos .....	27
3. Modelo Multifactor .....	28
3.1 Análisis causal .....	30
3.2 Análisis Multivariante.....	30
4. Modelo VAR.....	35
4.1 Identificación en un modelo VAR .....	37
4.2 Estimación de un modelo VAR .....	38
5. Modelo Series de tiempo. ....	39
4.1 Metodología de Box-Jenkins .....	39
4.1.3 Etapa 3: Verificación .....	46
<b>Capítulo Segundo.....</b>	<b>48</b>
<b>Creación de Modelos Series de tiempo y Multivariable.....</b>	<b>48</b>
1. Modelo de Serie de Tiempo Depósitos Monetarios de un banco. ....	48
1.1 Obtención y manejo de la Data. ....	48
1.2 Creación del Modelo en R. ....	48
2. Modelo Multifactor .....	61
2.1 Validación de las Estacionariedad de las variables .....	63

<b>Capítulo Tercero .....</b>	<b>69</b>
<b>Selección de Modelo para Forecast 2017-2018.....</b>	<b>69</b>
1. Selección del Modelo de Serie de tiempo.....	69
2. Selección del Modelo para Forecast 2018 .....	71
3. Forecast 2018 y herramienta R .....	72
4. Utilidad de Modelos de Depósitos monetarios para un Banco Privado .....	74
<b>Capítulo Cuarto .....</b>	<b>79</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>79</b>
Conclusiones .....	79
Recomendaciones .....	81
<b>Bibliografía .....</b>	<b>82</b>

## Índice de cuadros

Cuadro N° 1. Variables económicas .....	22
Cuadro N° 2. Patrón FAS-FAP .....	41
Cuadro N° 3. Comparación de modelos Serie de Tiempo .....	69
Cuadro N° 4. Forecast comparativo modelos Serie de Tiempo.....	70
Cuadro N° 5. Comparación de modelos Serie de Tiempo y VAR .....	72
Cuadro N° 6. Variación datos Forecast 2018 .....	72



## Índice de Gráficos

Gráfico No 1. Depósitos Totales Bancos Privados Julio 2017 .....	19
Gráfico No 2. Precio del Petróleo 2007-2017.....	27
Gráfico No 3. Mínimos Cuadrados Ordinarios.....	32
Gráfico No 4. Coeficiente de Determinación $R^2$ .....	33
Gráfico No 5. FAS Y FAP Raíces Positivas.....	42
Gráfico No 6. FAS Y FAP Raíces Negativas .....	43
Gráfico No 7. FAS y FAP MA (q).....	44
Gráfico No 8. FAS ARMA y FAP ARMA.....	45
Gráfico No 9. Modelo en R Depositos .....	48
Gráfico No 10. Pruebas de Raíz Unitaria. Serie DEP.....	49
Gráfico No 11. Correlograma Serie Depositos Monetarios.....	50
Gráfico No 12. Serie Depósitos Monetarios con 1era y 12 va diferencia .....	51
Gráfico No 13. Pruebas de Raíz Unitaria. Serie Depósitos monetarios sin Tendencia y Estacionalidad.....	51
Gráfico No 14. Correlograma Serie Estacionaria de Depósitos Monetarios .....	52
Gráfico No 15. Modelos ARIMA variable Depósitos Monetarios .....	53
Gráfico No 16. Modelo Depósitos monetarios ARIMA (2,1,2). Correlograma de residuos .....	54
Gráfico No 17. Cuantiles, Test Jarque Bera y Shapiro-Wilk.....	55
Gráfico No 18. Forecast One step Modelo ARIMA.....	56
Gráfico No 19. Forecast Modelo ARIMA. Variable Logaritmo Depósitos monetarios 2007-2017 .....	57
Gráfico No 20. Modelos SARIMA variable Depósitos .....	58
Gráfico No 21. Modelo Depósitos monetarios SARIMA (2,1,2)(2,0,1)[12].....	59
Gráfico No 22. Cuantiles, Test Jarque Bera y Shapiro-Wilk.....	59
Gráfico No 23. Forecast One step Modelo SARIMA.....	60
Gráfico No 24. Forecast Modelo SARIMA.....	61
Gráfico No 25. Series para modelo VAR .....	63
Gráfico No 26. Pruebas de Estacionariedad para modelo VAR .....	64
Gráfico No 27. Criterios de selección de Rezagos .....	64

Gráfico No 28. Criterios de selección de Rezagos .....	65
Gráfico No 29. Variable Depósitos monetarios Modelo VAR .....	65
Gráfico No 30. Variable PIB Nominal - Modelo VAR .....	66
Gráfico No 31. Variable RILD - Modelo VAR .....	66
Gráfico No 32. Variable Transferencias Corrientes - Modelo VAR .....	67
Gráfico No 33. Forecast Depósitos Monetarios- Modelo VAR .....	68
Gráfico No 34. Forecast 2018 variable Depósitos monetarios .....	72
Gráfico No 35. Composición de Activos Banco en Estudio Julio 2017.....	75

## **Introducción**

En la actualidad a los mercados globales se los han definido como: “La integración económica tecnológica y financiera que tiende a crear un solo mercado mundial” (Zbigniew Kozikowski 2007). El sistema financiero como parte de este modelo global, es pilar fundamental de toda economía. En el caso ecuatoriano hemos visto a través de la historia la relación entre Economía y Sistema Financiero anotando como ejemplo evidente los hechos ocurridos en el año 1999.

Consideremos el siguiente contexto económico: el precio del crudo alrededor de USD 9 por barril, un fenómeno del niño que causó destrucción de carreteras y miles de hectáreas de producción en la costa, nerviosismo en la población por una guerra con el vecino país del sur y por último un impuesto de 1% a la circulación de capitales. El resultado de este panorama, fue la afectación al sector financiero que desencadenó temor en la población y a su vez un salvataje bancario, un feriado bancario, congelamiento de los depósitos y por último la adopción de otra divisa.

Si añadimos a esta historia que actualmente a) manejamos una moneda que se aprecia y deprecia en función de una economía totalmente diferente a la nuestra, b) el grado de dependencia estatal al fondeo por exportaciones petroleras y cobro de impuestos, c) decisiones arancelarias para equilibrar la balanza comercial, d) una inversión para el desarrollo a través de gasto público; podemos determinar una realidad económica que influye directamente en el manejo del dinero de los ciudadanos, su percepción del riesgo y su comportamiento financiero respecto a los depósitos que realizan en las instituciones financieras.

El fondeo de los bancos mediante depósitos se ve claramente afectado por una percepción intrínseca de variables económicas de los clientes. El análisis de esas variables, así como el del comportamiento de los clientes pueden servir de gran ayuda para un banco al momento de gestionar su liquidez diaria, mensual y anual.

### **Planteamiento del problema**

El identificar las variables económicas que afectan de forma directa o potencial a la cuenta de Depósitos a la Vista de las IFIS (Instituciones Financieras) se vuelve

necesario. Para este estudio nos centraremos específicamente aquellas variables que afecten a esta fuente de fondeo de un banco es decir los depósitos monetarios.

Basilea II plantea que deben existir modelos internos (AMA) como herramientas necesarias para cuantificar, ex ante, el impacto que generan cambios en las variables económicas y atenuar el riesgo de liquidez, bajo esta premisa es necesario estimar el comportamiento de los depósitos utilizando modelos estadísticos. Este estudio maneja tres puntos específicos para definir el comportamiento de los depósitos por parte de sus clientes: variables económicas que influyen en los clientes, metodologías para realizar pronóstico de depósitos y finalmente validar los modelos a través del testing.

Al no abordar el presente tema de estudio los bancos no pueden prever las potenciales corridas, la estacionalidad de los depósitos y establecer estrategias de liquidez y cartera. Adicional la carencia de un análisis de depósitos disminuye la capacidad de enfrentar diversos escenarios económicos pues el desconocimiento de la afectación de variables macroeconómicas en el comportamiento de los depósitos tiene impacto en balances y pueden ser un riesgo de liquidez.

## **Preguntas de investigación**

### **Pregunta general**

¿Cuál es la mejor estimación del comportamiento de los depósitos monetarios de un banco que permita gestionar escenarios adversos, a través de cambios en las variables económicas o a través de sus históricos?

### **Preguntas específicas**

- ¿Cuáles son las variables macroeconómicas más representativas en la estimación de depósitos en un banco?
- ¿Qué son modelos multivariable y qué son análisis de series de tiempo?
- ¿Cuál es la mejor metodología para la estimación de depósitos de un banco?
- ¿Qué estimación de depósitos monetarios es mejor frente escenarios adversos para la gestión del Riesgo de Liquidez de un Banco?

### **Delimitación**

El estudio será realizado en Ecuador específicamente en el sector financiero. En cuanto a la delimitación temporal, el estudio se centrará en el período 2007 – 2017, siendo

el lapso de tiempo en el que tenemos información para los dos modelos y para el período 2017-2018 se realizará las proyecciones.

### **Hipótesis**

Las estimaciones generadas por dos modelos (multivariable y serie de tiempo) son semejantes pues los datos históricos de la serie de tiempo recogen los movimientos de las variables macroeconómicas a lo largo del periodo de estudio.

### **Objetivos**

#### **General**

Determinar la mejor estimación de depósitos monetarios de un banco privado mediante la comparación y validación de un modelo de series de tiempo frente a un modelo multivariable con el fin de conocer su comportamiento y establecer estrategias de liquidez que el banco debería mantener frente a cambios en el contexto económico.

#### **Específicos**

- Identificar las variables macroeconómicas que son representativas para la estimación de los depósitos monetarios de un banco en función del análisis de la teoría económica.
- Conocer los conceptos y metodología de modelos multivariable y series de tiempo mediante la investigación y análisis de datos empíricos.
- Determinar las ventajas y desventajas de las dos metodologías seleccionadas para estimación de depósitos monetarios y su respuesta frente a escenarios favorables y adversos.
- Estimar los depósitos monetarios de un banco y validar su estimación.

## **Metodología de investigación**

### **Tipo de estudio**

El presente estudio de investigación realiza un estudio descriptivo para identificar las variables que se van a utilizar en el modelo, y también se hará uso del estudio correlacional para determinar el grado de relación que tienen las variables frente a los depósitos y frente a sí misma.

### **Método de investigación**

El método teórico que se utilizará para los dos modelos es el de análisis – síntesis. Entonces para el desarrollo del modelo se utiliza el análisis de las variables económicas y data histórica de los depósitos monetarios y luego mediante síntesis comparar que tan robustos son los dos modelos. De forma adicional utilizaremos el método deductivo donde partiremos del análisis de diversas variables hasta establecer las más importantes que serán ingresadas en la ecuación multivariable. El método empírico a utilizarse es la entrevista, la misma se la realizará a consultores expertos. Se utilizará software idóneo para generar las regresiones y crear los modelos de series de tiempo y multivariable, entonces el programa que utilizaremos es R.

### **Fuentes de información**

Para la investigación se requiere información de los depósitos monetarios de un banco, la Superintendencia de Bancos del Ecuador tiene establecido un catálogo único de cuentas para uso de las entidades de los sectores financieros público y privado (CUC)<sup>1</sup>, dentro de este se incluyen los Pasivos como cuenta 2, las Obligaciones con el Público cuenta 21 y Depósitos a la vista cuenta 2101. Los Depósitos a la vista registran los recursos recibidos de los clientes y que pueden ser exigidos en un plazo menor a treinta días, es por ellos que para el presente estudio vamos a referirnos como Depósitos Monetarios haciendo alusión a los Depósitos a la vista del CUC.

También se requiere información de variables macroeconómicas como PIB nominal, precio de petróleo, balanza comercial petrolera y no petrolera, transferencias corrientes, RILD, deuda interna pública, balanza de servicios, balanza de renta,

---

<sup>1</sup> CUC, catálogo único de cuentas para uso de las entidades de los sectores financieros público y privado, Superintendencia de Bancos del Ecuador

presupuesto del estado que permitan el entendimiento del contexto macroeconómico para su posterior modelación. Mencionada información se encuentra disponible en bases de datos o cubos de información que se mantienen en el Banco Central del Ecuador.

Adicionalmente se utilizarán artículos de revistas, libros, investigaciones y tesis académicas relacionadas con la temática, siendo fundamentalmente secundarias las fuentes de investigación. Como fuente primaria se contará con el apoyo técnico de personal experto sobre el tema de modelación.

## Capítulo primero

### Marco teórico

#### 1. Depósitos y Riesgo de Liquidez

##### 1.1 Concepto e Historia del Dinero.

Para analizar el comportamiento de los depósitos monetarios en los bancos, es importante primero entender porque un cliente entrega o no su dinero al banco, entonces podemos partir por conceptualizar el dinero y luego las razones de su demanda.

El dinero siempre ha estado presente en la historia de la humanidad y ha tenido una evolución a lo largo del tiempo y a través de las civilizaciones, partiendo desde el trueque<sup>2</sup>, con su limitante de equidad, seguido por la adopción de metales preciosos como base del intercambio, hasta la actualidad donde se cuenta con diversos tipos de cambios que permite la adquisición de activos.

Encontramos conceptos sencillos como el proporcionado por la Real Academia Española: *Medio de cambio o de pago aceptado generalmente*. Y conceptos más detallados como: *El dinero es el medio de cambio y la unidad de cuenta por excelencia, definido como cualquier activo o bien generalmente aceptado como medio de pago por los agentes económicos para sus intercambios y que además cumpla las funciones de ser depósito de valor y unidad de cuenta* (Diario Económico Expansión-2015).

Sin embargo, las definiciones coinciden en que el Dinero es un medio de cambio generalmente aceptado como medio de pago por los agentes económicos. Una vez conceptualizado el dinero es importante entender porque los individuos demandan dinero.

##### 1.2 Demanda de Dinero.

Según Larrin y Sach (2002), al citar a Keynes, la demanda de dinero se refiere a los motivos por los cuales los individuos deciden mantener una parte de su riqueza en forma de dinero, renunciando a la rentabilidad que podrían obtener si se colocaran esos recursos en otros activos.

---

<sup>2</sup> Intercambio de unos bienes por otros.



Entonces, podemos decir que los clientes demandaran más dinero cuando apetezcan una mayor liquidez puesto que otros activos serán más rentables, pero menos líquidos. Siguiendo el pensamiento de Keynes para la demanda del dinero, se establecen tres motivos por los cuales los clientes desean mantener efectivo:

- **El motivo de transacción.** Se deriva de la necesidad que tienen los clientes para cubrir la brecha que se produce entre los ingresos generados y los gastos planeados.
- **El motivo precaución.** Este motivo enfatiza el deseo de las personas de mantener dinero para hacer frente a gastos no planeados e inesperados.
- **El motivo especulación.** Este último motivo recoge el efecto de la incertidumbre acerca de la evolución de las variables macroeconómicas sobre las tenencias de dinero.

Existe también en contraposición de Keynes, la Teoría Cuantitativa del Dinero, según Larrin y Sach (2002) al citar a Irving Fisher quien considera a la demanda del dinero generada por los agentes económicos tan solo como un procedimiento para poder realizar transacciones, de este punto de partida se genera todo un pensamiento económico llamado Monetarismo que mantiene otras premisas.

En todo caso, es aceptado que la demanda del dinero no es una función directamente del ingreso que manejan los individuos, es decir el nivel de renta, sino también de un diverso portafolio de activos financieros que proponen rendimientos y que influyen en la demanda del dinero y por ende en los depósitos monetarios de los bancos.

### **1.3 Depósitos Bancarios.**

Los depósitos bancarios, son productos que ofrecen las instituciones financieras ya sean bancos, mutualistas, cooperativas, sociedades financieras, instituciones financieras públicas a sus clientes. El servicio ofertado por las IFIS es seguridad y disponibilidad.

Dichos depósitos para el banco se convierten en la principal fuente de fondeo y forma parte de sus pasivos, el capital que entrega inicialmente el cliente al banco se lo restituyen cuando lo demande o transcurrido el plazo acordado con el banco más intereses que fueron pactados de antemano en el momento de la firma del depósito bancario.

Actualmente existen dos tipos principales de depósitos que ofrecen los bancos: depósitos a vista y depósitos a plazo.

- **Depósitos a la vista:** Los depósitos a la vista son obligaciones bancarias que comprenden “los depósitos monetarios, los depósitos de ahorro y cualquier otro depósito que pueda retirarse en un plazo menor a treinta días, exigible mediante la presentación de cheques, libretas de ahorro u otros mecanismos de pago y registro” (Superintendencia de Bancos 2017). En este tipo de depósitos los clientes pueden decidir el momento en el cual exigen la devolución de su dinero, ya sea parcial o total, entregando la ventaja de la disponibilidad, esto se conoce como liquidez, y no existirá penalización frente al retiro.
- **Depósitos a plazo:** Aquellos que sólo pueden ser exigidos

luego de un período especificado de por lo menos mayor a treinta días; ganan un interés mayor que el de las cuentas de ahorro debido a que quedan inmovilizados para el depositante durante el plazo fijado. Para la institución financiera, constituyen obligaciones que se esperan sean requeridas en un plazo medio o largo. Los fondos bajo esta figura pueden instrumentarse en un título valor, nominativo, a la orden o al portador. Aunque son depósitos que pueden ser pagados antes del vencimiento del plazo, previo acuerdo entre el acreedor (institución financiera) y el deudor (titular de cuenta). (Superintendencia de Bancos 2017)

En este tipo de depósitos, se fija un interés que el cliente percibe junto con la devolución de capital aportado al término de un plazo pactado. Es habitual que existan penalizaciones por el retiro anticipado del depósito. En estos depósitos la rentabilidad es mucho mayor que en los depósitos a la vista.

#### **1.4 Importancia de Depósitos Monetarios en un Banco Privado**

La Superintendencia de Bancos y Seguros de Ecuador (2014) define a un sistema financiero como

el conjunto de instituciones que tiene como objetivo canalizar el ahorro de las personas. Esta canalización de recursos permite el desarrollo de la actividad económica (producir y consumir) haciendo que los fondos lleguen desde las personas que tienen recursos monetarios excedentes hacia las personas que necesitan estos recursos. Los intermediarios financieros crediticios se encargan de captar depósitos del público y, por otro, prestarlo a los demandantes de recursos.

Bajo este concepto la intermediación financiera se centra en la captación y colocación de recursos (dinero), es decir que la fuente principal para el funcionamiento de un banco es la captación del dinero. Contablemente esta captación es registrada como una cuenta del pasivo y se descompone en Depósitos de Ahorros, Depósitos Monetarios y Depósitos a plazo fijo. La Asociación de Bancos Privados del Ecuador menciona en su página web a Julio 2017 que el total de pasivos que mantienen los bancos privados es de 33 mil millones de dólares y de estos 27 mil millones son depósitos es decir que la captación de depósitos frente a los pasivos totales representa el 81%.

En el grafico 1 se tiene la composición de los depósitos totales. El presente estudio está enfocado en los depósitos monetarios por tanto nos centramos en el 66,2% del total de los depósitos, es decir Depósitos Ahorros y Depósitos Monetarios que suman 17,9 mil millones de dólares.

Gráfico No 1. **Depósitos Totales Bancos Privados Julio 2017**



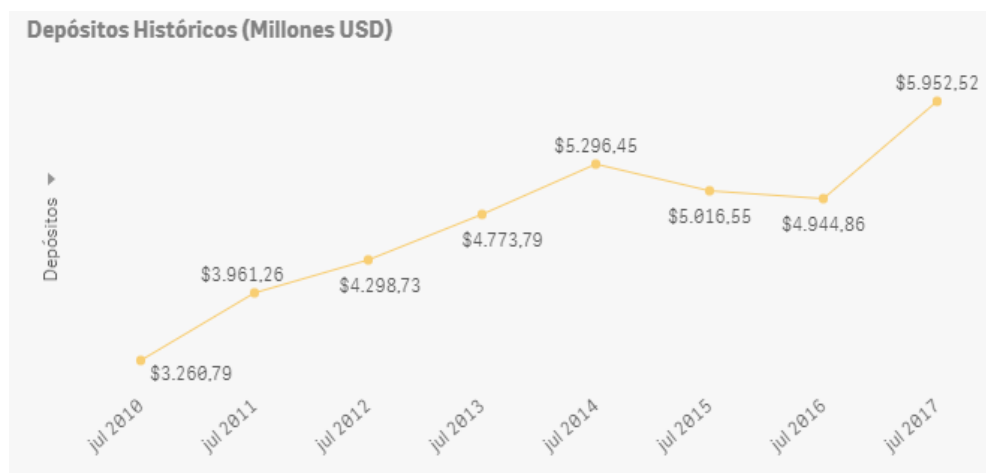
FUENTE: DATALAB, ASOBANCA, Superintendencia de Bancos

El Banco de estudio presenta un total de depósitos totales de USD 8.2 mil millones a Julio 2017, de los cuales USD 5.9 mil millones son depósitos monetarios, es decir que al construir el modelo de predicción de depósitos monetarios se está cubriendo el 72% del total del fondeo del banco, por tanto se vuelve imprescindible determinar el comportamiento que tienen los depósitos monetarios ya que históricamente tiene una

tendencia creciente y con el principio de intermediación financiera, mientras mayor sea el nivel de captación mayor serán los recursos disponibles para colocar cartera.

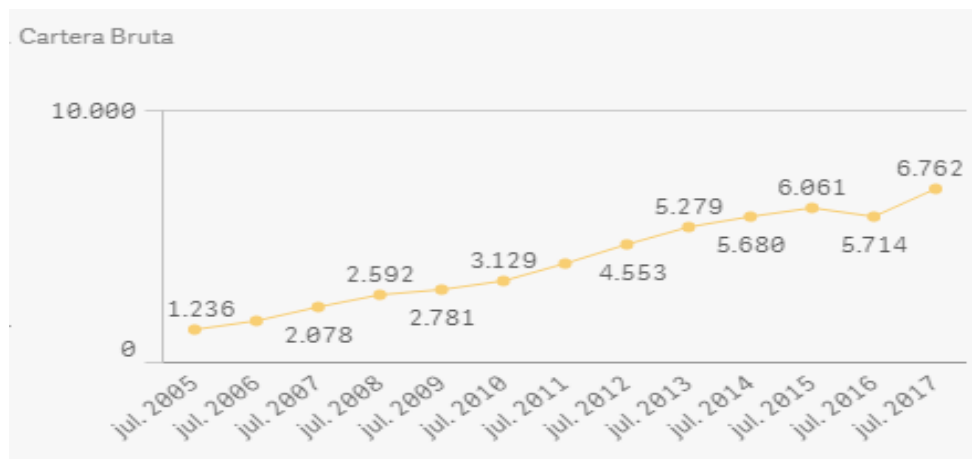
Los gráficos 3 y 4 muestran gráficamente la intermediación financiera que mantiene el Banco en estudio, a medida que generan incremento de las captaciones la colocación de cartera lo hace de manera similar, inclusive en el año 2015 se tiene la caída en las dos cuentas.

Gráfico No 2. **Depósitos Monetarios Banco Estudio Julio 2017**



FUENTE: DATALAB, ASOBANCA, Superintendencia de Bancos

Gráfico No 3. **Cartera Bruta Banco Estudio Julio 2017**



FUENTE: DATALAB, ASOBANCA, Superintendencia de Bancos

### **1.5 Riesgo de Liquidez.**

El presente trabajo está enfocado en proporcionar información sobre el comportamiento de depósitos de un banco y que esta información ayude a la gestión de liquidez que incluye el cumplimiento normativo, así como la inversión para obtención de rentabilidad.

Con base al cumplimiento normativo, la Superintendencia de Bancos (2003) ha definido al riesgo de liquidez cuando “la institución enfrenta una escasez de fondos para cumplir sus obligaciones y que, por ello, tiene la necesidad de conseguir recursos alternativos o vender activos en condiciones desfavorables, esto es, asumiendo un alto costo financiero o una elevada tasa de descuento, incurriendo en pérdidas de valorización”.

Para medir, controlar y monitorear la escasez de fondos las IFIS realizan un análisis de maduración de los activos y pasivos. En esta metodología se debe distribuir los saldos registrados de activos y pasivos en los estados financieros, en función de sus vencimientos dentro de ocho bandas temporales.

Una vez realizada la distribución en las bandas, la determinación del riesgo de liquidez se lo hace “aplicando el concepto de brecha de liquidez, y esta es igual a la diferencia entre el total de operaciones activas más el movimiento neto de las cuentas patrimoniales con respecto al total de operaciones pasivas” (Superintendencia de Bancos y Seguros 2003).

Hay que considerar que las cuentas pasivas tales como: depósitos a la vista no tiene un vencimiento cierto, y es aquí donde las estimaciones de los depósitos monetarios pueden darnos un análisis complementario para determinar las brechas de liquidez y posiciones de riesgo de liquidez.

Si bien es cierto que la gestión de la liquidez involucra cumplimiento normativo es importante considerar que un banco utiliza los depósitos monetarios de clientes para colocar cartera y también realizar inversiones que generen rentabilidad, es por ello que la estimación de depósitos coadyuvará a validar los plazos de las inversiones a realizar, pues se tendrá un panorama claro de necesidades de liquidez, cuando se necesita recuperar las inversiones para hacer frente a las salidas de depósitos.

## 2. Variables Macroeconómicas

Para realizar un modelo multivariable es necesario comprender empíricamente cómo funcionan las variables macroeconómicas, la relación entre ellas y a partir de ello identificar cuáles serán parte del modelo de estimación de depósitos monetarios. Por tanto, en este apartado se expondrá de forma corta conceptos teóricos para entender las variables macroeconómicas.

### 2.1 Variables Económicas y Modelo Económico.

Una variable económica puede ser definida como “la representación numérica de un concepto económico el cual puede medirse o tomar diversos valores, bajo la condición de no tomar valores menores a cero” (Jiménez 2012, 33). Las variables económicas pueden ser de flujo o stock, endógena o exógena, y real o nominal. El cuadro a continuación explica cada variable según su temporalidad, dependencia a otras variables y por variaciones en el nivel de precios.

Cuadro N° 1. Variables económicas

Conceptos de Variables Económicas		
Variables Económicas	Variables de flujo y stock (Tiempo)	<b>Flujo:</b> variable cuya cantidad se mide por unidad o periodo determinado de tiempo; por ejemplo, el ingreso, la inversión, el PBI, la inflación, etcétera.
		<b>Stock:</b> variable cuya cantidad se mide en un determinado momento del tiempo; por ejemplo: la población, la riqueza, el stock de capital, la oferta monetaria, etcétera. Estas variables carecen de dimensión temporal, por lo que la referencia al tiempo solo es necesaria como dato histórico.
	Variables endógenas y exógenas (Dependencia o Independencia a otras variables)	<b>Exógenas:</b> su valor no está determinado por el modelo, sino que se toma como dado. Son variables independientes. Hay variables exógenas que pueden ser instrumentos de política económica.
		<b>Endógenas:</b> aquellas cuyos valores son determinados o explicados por las relaciones existentes dentro de un modelo económico a partir de un conjunto de datos conocidos como variables exógenas. Son variables cuyos valores dependen de otra(s) variable(s). Por eso, también se les denomina dependientes.
Variables Económicas	Variables nominales y reales; precios corrientes y precios constantes	<b>Variables nominales:</b> son variables que se expresan en unidades monetarias corrientes; es decir, a precios del periodo al que se refieren. Por ejemplo, si un lapicero cuesta \$ 1 en el 2014, el valor nominal de diez lapiceros será \$ 10.
		<b>Variables reales:</b> son variables que se expresan a precios de un periodo determinado o periodo base (que es un periodo determinado con características de normalidad); es decir, a precios constantes de dicho periodo base para eliminar la variación de precios y tomar en cuenta solo los cambios en cantidades.  Es importante mencionar que las variables a <b>precios constantes</b> , como el producto de un país, sirven para estudiar su comportamiento a largo plazo, sus fluctuaciones, realizar proyecciones de la misma en el tiempo y analizar sus efectos en el nivel de vida de un país. Los datos a <b>precios corrientes</b> no permiten realizar estos estudios porque incorporan las variaciones de los precios al análisis de la evolución de la riqueza material de un país

Fuente: Jiménez, 2012

Elaboración propia

Un modelo económico puede entenderse como “una descripción simplificada de la realidad, concebido para ofrecer hipótesis sobre conductas económicas que pueden comprobarse” (Ouliaris 2011, 46).

Otra definición describe al modelo económico como “una representación simplificada de la realidad que se utiliza para entender mejores situaciones de la vida real. Para un economista un modelo económico es una herramienta que permite analizar el efecto que se produce cuando cambia una sola de las variables analizadas” (Krugman, Olney y Wells 2008, 21).

En función de las definiciones anteriores podemos decir que un modelo económico utiliza variables y relaciones lógicas entre ellas con el fin de simplificar la realidad, es decir el modelo económico permite comprender una realidad complicada.

Usualmente, estos modelos son expresados en términos matemáticos donde existen variables que son tomadas como datos, y otras son determinadas a partir de estos datos de acuerdo a relaciones lógicas y preestablecidas entre ellas.

## **2.2 Tasa de Interés.**

Puede definirse a la tasa interés como “el rendimiento de un activo financiero o de un monto de capital invertido durante un determinado período, que puede ser un mes, un trimestre, un año, etc. Si a este rendimiento se le expresa como una fracción del valor inicial del activo o del bien, se obtiene la tasa de interés” (Jiménez 2012, 42). Entonces podemos decir que la tasa de interés es el precio del dinero en el mercado financiero, y que es la recompensa por utilizar el dinero ajeno. Podemos tener dos tipos de tasas de interés:

- **Tasa de interés nominal:** es la tasa que “cargan los prestamistas a los prestatarios por el capital o dinero prestado. Es por eso que la mayoría de los rendimientos de activos financieros están expresados en tasas nominales” (Jiménez 2012, 42).
- **Tasa de interés real:** “es la tasa nominal neta de inflación y mide el retorno sobre los ahorros en términos de cantidades de bienes que podrán comprarse en el futuro con un monto establecido de ahorro presente” (Jiménez 2012, 42).

$$r = \frac{i - \pi}{1 + \pi}$$

Donde:

r Tasa de interés real

i Tasa de interés nominal

$\pi$  Tasa de inflación

### **2.3 La Inflación.**

El precio de los bienes y servicios es uno de los aspectos más importantes en la economía y su fluctuación tiene que ser medida, para ello partimos del concepto de inflación. La Real Academia Española (2017) la define como una “elevación notable del nivel de precios con efectos desfavorables para la economía de un país”. Otra definición señala que “entendemos por inflación un período de aumento general de los precios de los bienes y servicios de consumo y de los factores productivos” (Samuelson y Nordhaus 1998, 135). Bajo estos conceptos la inflación lleva una elevación continua y generalizada del precio promedio de los bienes y servicios de una economía. Lo contrario; es decir, el descenso generalizado del nivel de precios, es conocido como deflación.

Si se considera el incremento de los precios como consecuencia directa se tiene una disminución en el poder adquisitivo del dinero. Una alta inflación puede provocar graves alteraciones en la economía en la medida en que incrementan los precios de los bienes. Adicionalmente, también se puede indicar que el incremento del nivel de precios puede generarse por el aumento de los costos de producción (sueldos, salarios, materias primas) o debido a una mayor demanda de bienes y servicios.

Junto con la definición de Inflación se tiene el Índice de Precios al Consumidor (IPC), este es un índice que mide la variación de precios de un grupo de productos que conforman la Canasta Familiar, que a su vez se compone de productos que las familias consumen de manera regular.

### **2.5 Producto Interno Bruto (PIB) y Precio del Petróleo**

El Banco Central del Ecuador (2017) define al Producto Interno Bruto (PIB) como “el valor de los bienes y servicios de uso final generados por los agentes económicos durante un período”.



Partiendo del concepto hay que denotar que se trata de la producción corriente, es decir no considera los bienes y servicios producidos en periodos anteriores puesto que estos ya fueron contabilizados en el periodo donde fueron producidos. Además, se resalta el hecho de que “se debe contabilizar sólo la producción con destino final, ya que de lo contrario se podrían sumar los productos intermedios” (Jiménez 2012, 81), esta observación es importante ya que se puede generar una doble contabilización dado que los bienes intermedios, aunque son también el resultado de actividades productivas, se utilizan para producir otros bienes y servicios.

De acuerdo a Larrin y Sach (2002) el PIB se puede medir de tres formas: Método del Valor Agregado, Método del Ingreso y Método del Gasto. A continuación, se presenta una descripción breve de los métodos y se analiza a detalle el método más utilizado, el Método del Gasto:

- Método del Valor Agregado: este método consiste en sumar, dentro de cada sector de la economía, el valor de las ventas de los productos de las empresas, pero con la peculiaridad de restar en cada caso el valor de las materias primas y de bienes intermedios usados para la producción del producto final (Larrin y Sach 2002).
- Método del Ingreso: este método suma los ingresos de todos los factores (trabajo y capital) que contribuyen al proceso productivo (Larrin y Sach 2002).
- Método del Gasto: El PIB se lo obtiene mediante la suma de todos los gastos finales o demanda agregada de todos los agentes de la economía en un período dado (Larrin y Sach 2002). Es decir que se suma el valor de todas las compras realizadas de bienes y servicios finales, pero a precio de mercado. Las cuatro grandes áreas usadas en este método son:

$$PIB = C + I + G + X - M$$

Donde:

C: Consumo de hogares

I: Inversión de las empresas y familias

G: Gasto en consumo del Gobierno

X: Exportaciones

M: Importaciones

Si se considera la economía del Ecuador, es importante indicar que una de las mayores fuentes de ingreso para el país es las exportaciones del petróleo. Este rubro es el más importante en la economía desde el boom petrolero que inicio en los años 70, en la actualidad para el segundo trimestre del 2017 el ingreso por exportaciones del petróleo se ubica en USD. 1,460.56 millones, a un precio promedio trimestral de USD 42. 13 por barril, con volumen de producción de 34.67 millones de barriles a una media diaria en miles de 533.66 barriles (Banco Central de Ecuador 2017).

Cuadro N° 2. **Exportaciones Petroleras**

<b>EXPORTACIONES NACIONALES DE CRUDO</b>									
<b>Mes/Año</b>	<b>2015</b>			<b>2016</b>			<b>2017</b>		
	<b>VOLUMEN Millones Bls.</b>	<b>PRECIO USD/BI</b>	<b>VALOR Millones USD</b>	<b>VOLUMEN Millones Bls.</b>	<b>PRECIO USD/BI</b>	<b>VALOR Millones USD</b>	<b>VOLUMEN Millones Bls.</b>	<b>PRECIO USD/BI</b>	<b>VALOR Millones USD</b>
<b>I Trimestre</b>	39.80	41.76	1,661.98	34.98	23.93	837.08	34.98	43.95	1,537.26
<b>II Trimestre</b>	35.45	54.90	1,946.31	36.01	37.30	1,343.26	34.67	42.13	1,460.56
<b>III Trimestre</b>	41.43	39.42	1,633.14	37.05	36.84	1,364.88			
<b>IV Trimestre</b>	35.09	31.74	1,113.80	36.52	41.31	1,508.72			
<b>TOTAL</b>	<b>151.77</b>	<b>41.88</b>	<b>6,355.23</b>	<b>144.56</b>	<b>34.96</b>	<b>5,053.94</b>	<b>69.65</b>	<b>43.04</b>	<b>2,997.82</b>

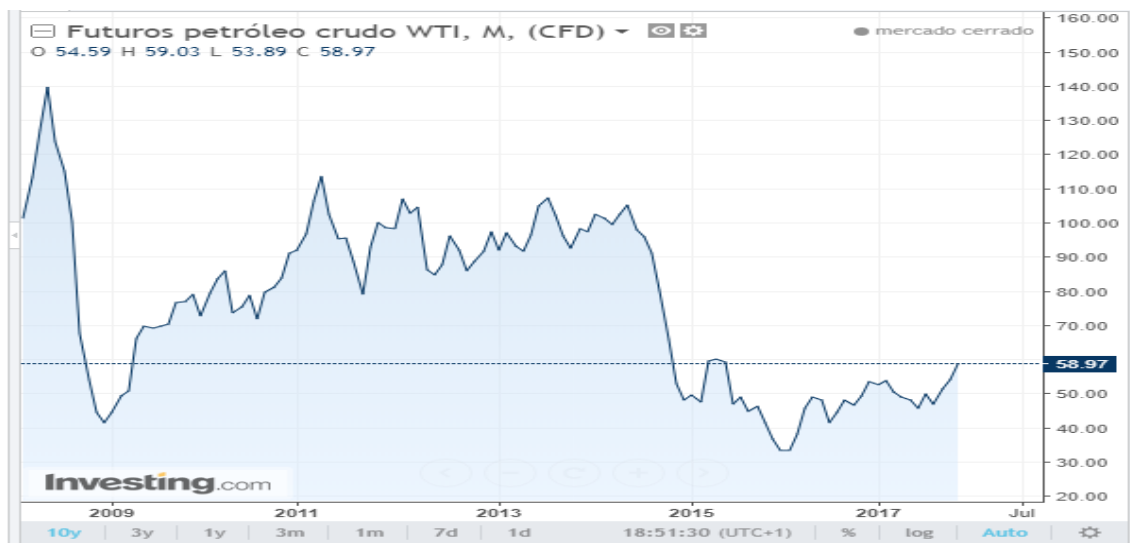
Fuente: Banco Central del Ecuador, 2017

Frente a este escenario de ingresos petroleros fruto de la exportación de este producto, el precio juega un papel importante y este se refleja en la economía del país. Es decir que una caída en el precio del petróleo, considerando un volumen de producción constante, generaría una disminución en los ingresos y eso impactaría al sistema financiero y a los depósitos monetarios de los bancos. El año 2015 es un reflejo de lo expuesto anteriormente, se compara gráficamente, por separado, el valor del precio del petróleo y los depósitos monetarios del banco en estudio del sistema financiero desde 2007 hasta hoy, esta comparación arroja que se tiene una caída en el precio del petróleo para los años 2009 y 2015, pero en los depósitos solo un quiebre en el año 2015, por tanto el precio del petróleo es una variable importante para la economía pero probablemente no está altamente correlacionada con los depósitos monetarios de un banco, es decir, debe existir otras variables adicionales que influyen en el comportamiento de los depósitos

monetarios. Esto lo vamos a comprobar en el capítulo 2 cuando se seleccione las variables para el modelo multivariable.

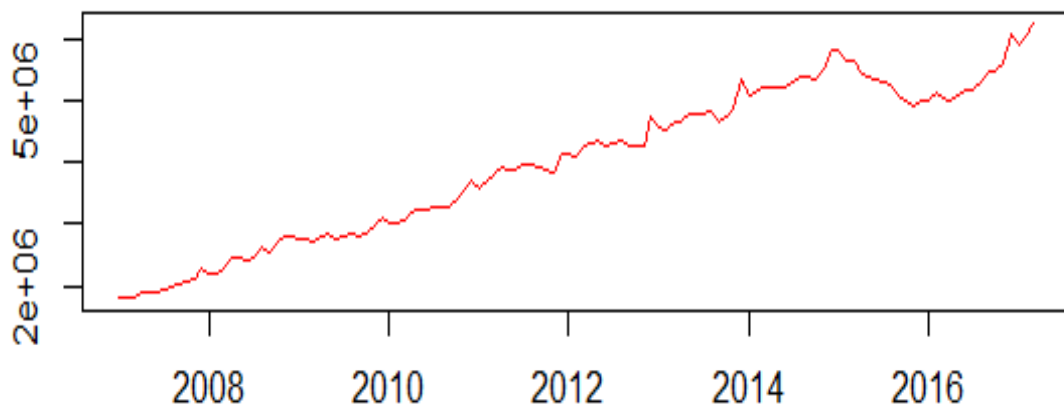
Cabe resaltar que en el método del gasto para el cálculo del PIB se están incluyendo exportaciones netas y estas a su vez consideran, entre otras, exportaciones petroleras, por tanto, esta variable podría recoger el precio del petróleo y el volumen de su producción.

Gráfico No 2. **Precio del Petróleo 2007-2017**



Fuente: Investing.com

Gráfico No 2. Depósitos Monetarios banco Privado **2007-2017**



Elaboración propia

## 2.6 Balanza de Pagos

La balanza de pagos se define como “un estado estadístico que resume sistemáticamente, para un período específico dado, las transacciones económicas entre

una economía y el resto del mundo” (Banco Central de Ecuador 2017). Así mismo menciona que la Balanza de Pagos es un símil a un estado financiero de una empresa y por tanto mantiene el principio contable de partida doble: que la suma de los créditos debe ser igual a la suma de los débitos.

Por tanto, toda operación de ingreso al país se contabiliza como parte del crédito, y toda operación que implique un pago al resto del mundo se registra como débito. Así, las contrapartidas son registradas como un débito en el primer caso y como un crédito en el segundo caso. La Balanza de pagos de Ecuador se compone de dos grupos:

- Cuenta de capital y financiera: que se refiere a transferencias de capital y adquisición / enajenación de activos no financieros no producidos y activos y pasivos financieros.
- Cuenta corriente: comprende bienes, servicios, renta y transferencias corrientes.

### **3. Modelo Multifactor**

Después de haber conceptualizado las variables macroeconómicas y haber determinado que entenderlas nos entrega una versión simple de la realidad económica donde nos desenvolvemos diariamente, si a esto añadimos que dicha realidad es percibida por parte de las personas lo cual genera un comportamiento para demandar o no dinero, entonces podemos inferir que mediante el análisis de las variables macroeconómicas podemos determinar el movimiento de los depósitos monetarios de los bancos.

Es aquí donde necesitamos definir cómo podemos realizar el análisis de las variables macroeconómicas y enlazarlas con los depósitos monetarios y a través de que método se lo puede hacer.

Por tanto para entender que es un modelo económico, se debe partir de entender la realidad económica la misma que es compleja por tanto “los economistas tienden a representarla por medio de modelos, es decir, haciendo abstracción de aquellos elementos de la realidad que no son esenciales para entender el fenómeno en cuestión” (Álvarez, Arias y Orea 2003, 23), la abstracción puede alejar el modelo de la realidad, pero sin simplificar lo complejo de la realidad quizá no se puede llegar a comprender el fenómeno que se desea estudiar.

Damodar y Porter (2011) hacen referencia que necesitamos de la econometría porque esta significa medición económica y nos establece una metodología para realizar un modelo económico mantiene los siguientes pasos:

1. Planteamiento de la teoría o hipótesis: en este punto se postula una idea que puede no ser verdadera, pero que se la emite bajo un conocimiento de información previa y que debe ser comprobada. Generalmente esta idea se encuentra formulada basándose en una teoría económica.
2. Especificación del modelo matemático: establecida la hipótesis entre variables, este postulado recoge la relación funcional de las variables estableciendo una ecuación con una variable dependiente (endógena) y una o varias variables independientes (exógenas).
3. Especificación del modelo econométrico: la ecuación matemática establecida en el paso anterior genera una limitación porque supone una relación determinista o exacta entre las variables, por tanto, se añade una variable aleatoria (estocástica) conocida como perturbación o error que recoge los factores que afectan a la variable dependiente y no fueron consideradas dentro de las variables independientes.
4. Obtención de la información: el manejo de datos es un paso de suma importancia en el desarrollo de un modelo econométrico dado que en función de la información se trata de comprobar una hipótesis basada una teoría, los datos deben ser reales y deben estar acorde a la necesidad del modelo si se necesitan datos de corte transversal o de series temporales.
5. Estimación del modelo econométrico: para generar la estimación de los parámetros de la ecuación se utiliza una técnica estadística llamada Análisis de Regresión que desarrollaremos más adelante.
6. Pruebas de Hipótesis: comprendiendo que los parámetros estimados ajusten el modelo a la realidad con una aproximación razonable, según Milton Friedman se tiene que establecer criterios apropiados para comprobar si estos valores estimados están acorde a las expectativas de la teoría que se está probando porque “una teoría o hipótesis no verificable mediante la evidencia empírica no puede ser admisible como parte de la investigación científica” (Friedman 1966).

7. Pronóstico y Predicción: si el modelo una vez sometido no refuta las hipótesis, entonces nos sirve para predecir los valores futuros de la variable dependiente con base en los valores futuros de las variables independientes o explicativas.
8. Elección entre modelos rivales: pueden existir varios modelos que generan una explicación similar del fenómeno que estamos estudiando, sin embargo, su desarrollo manejó variables diferentes, y una teoría económica diferente, por tanto, es importante saber elegir el modelo más adecuado, para esto Clive Granger (1999) nos entrega un consejo importante: Me gustaría proponer que, en el futuro, cuando a uno se le presente una nueva teoría o modelo empírico, se plantee las siguientes preguntas:
  - ¿Qué propósito tiene? ¿Qué tipo de decisiones económicas ayuda a tomar?
  - ¿Existe alguna evidencia presente que me permita evaluar su calidad en comparación con teorías o modelos alternos?

### **3.1 Análisis causal**

En el desarrollo del modelo existe una relación entre las variables y esta puede ser causal, por tanto, se debe analizar cualitativa y cuantitativamente cómo ciertos factores o variables afectan al comportamiento de una variable asociada a un fenómeno económico de interés. El análisis causal permite:

- Determinar los efectos de ciertas políticas (caracterizados por cambios en determinadas variables que afectan al fenómeno de interés).
- Caracterizar y cuantificar la relación de comportamiento entre variables económicas, de acuerdo con lo que sugiere la teoría económica.

En el análisis de la causalidad el concepto de *Ceteris Paribus* (el resto de los factores relevantes iguales o constantes) juega un papel fundamental. De este modo, podemos inferir el efecto parcial de una variable sobre otra manteniendo constantes las demás.

### **3.2 Análisis Multivariante**

“En econometría, al igual que en la economía, el objetivo es explicar el comportamiento de una variable en función de otras. Por eso, el punto de partida de la

econometría es el modelo económico. La diferencia es que la econometría pretende cuantificar la relación entre variables económicas” (Álvarez, Arias y Orea 2003, 37).

Considerando el concepto proporcionado por Antonio Álvarez, y la mayoría de conceptos sobre el análisis multivariable, existe un aspecto en el cual subyace todo modelo econométrico, la Variación. Es decir, el objetivo principal de un modelo multivariable es explicar la variación que presenta una variable, llamada dependiente o endógena, por medio de la variación de otras variables que se llaman independientes o exógenas. Se considera también que el modelo incluye una parte determinístico y una parte aleatoria y para darle una forma funcional, que generalmente por términos de simplicidad se supone es lineal, tenemos la siguiente ecuación:

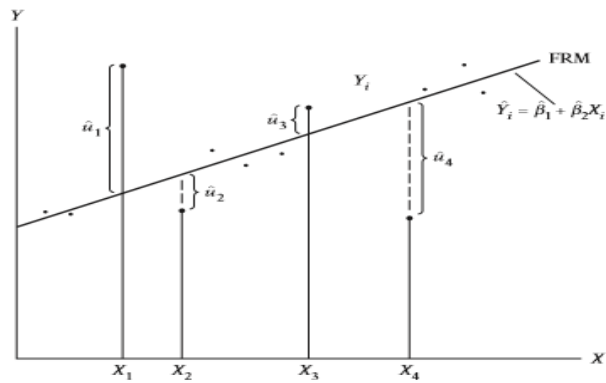
$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

Donde Y es la variable dependiente, las X son las variables independientes y  $\varepsilon$  es el término de error.  $X_{2i}$  representa, por ejemplo, la *i*ª observación en la variable explicativa  $X_2$ .  $\beta_1$  representa el término constante o el intercepto de la ecuación.  $\beta_2, \beta_3, \beta_k$  son los parámetros a estimar (Damodar y Porter 2011).

Para realizar la estimación se utiliza con mayor frecuencia el Modelo clásico de Regresión Lineal con el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), este método se lo atribuye a Carl Friedrich Gauss (Damodar y Porter 2011) y es el procedimiento que consiste en minimizar la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre los valores de los datos y los de la regresión estimada, es decir, minimiza la suma de los residuos al cuadrado, el residuo es la diferencia entre los datos observados y los valores obtenidos con el modelo.

Considerando solo una regresión lineal simple, es decir solo mantenemos una variable dependiente y una independiente  $Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i$  tenemos:

Gráfico No 3. Mínimos Cuadrados Ordinarios



Fuente: Damodar y Porter, 2011

En la gráfica los  $\hat{u}$  residuos son simplemente la diferencia entre los valores reales y los valores estimados. De acuerdo a Damodar y Porter (2011), el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios mantiene los siguientes supuestos:

1. Modelo de regresión Lineal: La relación entre  $Y$  y  $X$  es lineal en los parámetros, aunque puede o no ser lineal en las variables, y está dada por la ecuación (1).
2. Las  $X$  son variables no estocásticas, es decir son fijos en muestreo repetido. Además, no existe una relación lineal exacta entre dos o más variables independientes y el término de error.
3. El error tiene un valor esperado (valor medio) de cero para todas las observaciones.
4. Homocedasticidad o varianza constante de  $u_i$ : El término del error tiene una varianza constante (Homocedasticidad) para todas las observaciones.
5. No hay autocorrelación entre las perturbaciones y el término del error está distribuido en forma normal: Los errores correspondientes observaciones diferentes son independientes y por consiguiente no están correlacionados.
6. El número de observaciones  $n$  debe ser mayor que el número de parámetros a estimar.
7. La naturaleza de las variables  $X$ : No todos los valores  $X$  en una muestra determinada deben ser iguales. Técnicamente,  $\text{var}(X)$  debe ser un número positivo. Además, no puede haber valores atípicos de la variable  $X$ , es decir, valores muy grandes en relación con el resto de las observaciones.

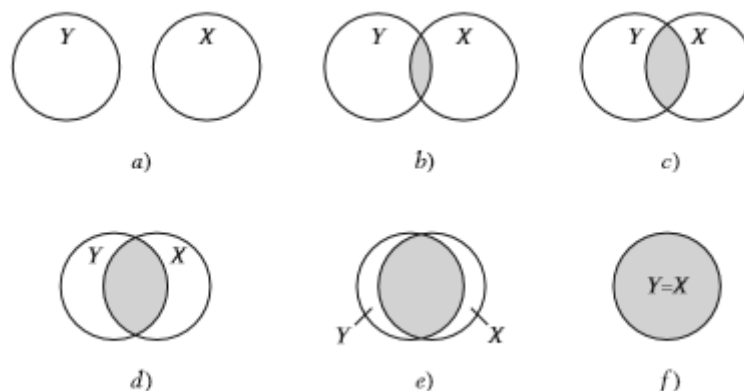


A partir de los supuestos expuestos y como lo indica el teorema de Gauss-Markov<sup>3</sup> se trata de encontrar los mejores estimadores lineales insesgados (MELI) que tienen una mínima varianza.

### 3.2.1 Coeficiente de Determinación $R^2$ , $\overline{R^2}$ Corregida, Prueba F

Hemos visto que es necesario estimar parámetros que sean insesgados, entonces ahora es necesario revisar la bondad de ajuste que debe tener la línea de regresión a un conjunto de datos, es decir cuan bien se ajusta la regresión a los datos. Es raro que un modelo ajuste perfectamente, pero se tiene la idea que los residuos alrededor de la línea de regresión sean los más pequeños. El Coeficiente de determinación  $R^2$  “es una medida utilizada para validar la bondad de ajuste de la regresión, es decir es una medida que nos dice qué tan bien se ajusta la recta de regresión muestral a los datos” (Damodar y Porter 2011). Otra interpretación de  $R^2$  es que mide la proporción de la variación en Y que es explicada por la ecuación de regresión múltiple.

Gráfico No 4. Coeficiente de Determinación  $R^2$



FUENTE: Modelos de regresión uniecuacionales, Econometría, Damodar N. Gujarati

Si consideramos un modelo de regresión lineal simple según la gráfica podemos indicar:

- Si  $R^2 = 0$  El modelo no explica nada de y a partir de x, grafico a).

<sup>3</sup> Teorema de Gauss-Markov: Dados los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los estimadores  $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \widehat{\beta}_k$  son los mejores (mas eficientes) estimadores lineales insesgados (MELI) de  $\beta_1, \beta_2, \beta_k$  en el sentido de que tienen la varianza mínima de todos los estimadores lineales insesgados.

- Si  $R^2 = 1$  Ajuste perfecto: y depende funcionalmente de x, grafico f).
- Un valor de  $R^2$  cercano a 0  $\Rightarrow$  Baja capacidad explicativa de la recta, graficas b) y c).
- Un valor de  $R^2$  próximo a 1  $\Rightarrow$  Alta capacidad explicativa de la recta, graficas d) y e).

Sin embargo, existe un problema de sensibilidad de  $R^2$  frente al número de variables independientes que ingresan a la ecuación, por tanto, se podría añadir más variables si solo se desea maximizar el valor de  $R^2$ .

Este problema del  $R^2$  se debe a que solo se relaciona con la variación explicada e inexplorada en Y y, por consiguiente, no da cuenta del número de grados de libertad. Una solución natural es usar varianzas, no variaciones, eliminando, por tanto, la dependencia de la bondad de ajuste del número de variables independientes en el modelo y a este ajuste de la denomina  $\overline{R^2}$  Corregida o Ajustada.

La prueba global **F** ayuda a determinar si es posible que todas variables independientes tengan coeficientes de regresión neta iguales a cero, en otras palabras, este estadístico permite contrastar la capacidad explicativa conjunta de las variables introducidas en el modelo.

### 3.2.2 Correlación Parcial

Dentro de un proceso de regresión lineal simple (dos variables) se ha explicado que el coeficiente de correlación  $r$  determina el grado de asociación de dos variables, sin embargo, en un modelo que incluye más variables necesitamos calcular un nuevo coeficiente de correlación. “La correlación parcial se refiere a modelos en que se relacionan más de dos variables independiente” (Damodar y Porter 2011), en este tipo de modelo es normal al calcular el coeficiente de correlación simple entre las variables dos a dos, esta no exprese el grado real de asociación entre dichas variables porque el resultado estará afectado por la influencia, en dicha asociación, de las demás variables que intervienen en el modelo.

Entonces si se trata de establecer la relación o asociación entre dos de las variables del modelo, eliminando la influencia del resto de variables, es mediante el cálculo de coeficientes de correlación parcial que se puede establecer la correlación entre dos

variables, controlando o eliminando el efecto en dicha correlación de otras variables del modelo. Para ejemplificarlo tenemos:

$r_{12.3}$  = coeficiente de correlación parcial entre Y y  $X_2$ , manteniendo  $X_3$  constante

$r_{13.2}$  = coeficiente de correlación parcial entre Y y  $X_3$ , manteniendo  $X_2$  constante

$r_{23.1}$  = coeficiente de correlación parcial entre  $X_2$  y  $X_3$ , manteniendo Y constante

Existen tanto coeficientes de correlación parcial como el número de variables que se controlan. Cuando no se controla ninguna variable, la correlación entre dos variables, es la correlación simple o total se denomina de orden cero, si hay una variable de control se denomina de orden uno, si se controlan dos variables se trata de una correlación de orden dos y así sucesivamente.

#### 4. Modelo VAR

Hasta el momento se revisó la relación multivariable en modelos uniecuacionales, es decir una relación lineal, pero el presente estudio va a usar modelos multiecuacionales llamados Vectores de Autoregresión (VAR), por tanto, es necesario definirlos e indagar sus inicios.

Los modelos de autorregresiones vectoriales (VAR), constituyen una herramienta del análisis multivariado de series de tiempo. Este tipo de modelos fueron introducidos y utilizados por Sims en el año de 1980, entregando un enfoque alternativo y al mismo tiempo generado como una crítica a los modelos de ecuaciones múltiples al estilo de la Cowles Commission<sup>4</sup>.

La crítica de Sims se fundamenta en que el econometrista cuando construye un modelo, debe estar seguro de que la especificación se encuentra bien fundamentada en la teoría económica. Desafortunadamente, en gran parte de los casos la teoría económica se torna en cierta medida insuficiente para determinar la especificación correcta. Para ejemplificar lo expuesto, una teoría puede ser demasiado compleja como para permitir al econometrista construir modelos que deriven con precisión una especificación de los principios primordiales, de forma tal que debe construir alguna especificación aproximada.

---

<sup>4</sup> Cowles Commission: Instituto de investigación económica que se encarga de vincular la teoría económica con las matemáticas y las estadísticas, sus aportes más grandes son La Teoría del Equilibrio General y la Econometría.

Fruto de la especificación aproximada y de la teoría como tal, puede darse el caso en el cual sea consistente incorporar en el modelo múltiples estructuras de rezagos alternativas, sin embargo, mencionadas estructuras de rezagos pueden dar como resultado modelos con comportamientos dinámicos que pueden diferir mucho. Por tal motivo se debe permitir que los datos especifiquen la estructura dinámica del modelo.

Un modelo VAR hace demandas teóricas mínimas a la estructura del modelo, entonces, únicamente se necesita especificar dos cosas:

- Las variables que se cree que interactúan entre sí y que por tanto deben incluirse dentro del modelo que se pretende construir.
- El mayor número de rezagos que son necesarios para capturar la dinámica de los modelos.

Entonces, en notación matricial se puede expresar el VAR(p) de la siguiente manera:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + \dots + A_p x_{t-p} + B_0 z_t + B_1 z_{t-1} + \dots + B_r z_{t-r} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t \sim NIID(O_t, \Sigma)$$

$$\Sigma = \sigma_{it}^2 I$$

Donde  $X_t$  es un vector de  $n \times 1$  variables endógenas,  $Z_t$  es un vector de  $m \times 1$  variables exógenas,  $A_0$  es un vector de  $n \times 1$  términos de intercepto,  $A_1, \dots, A_p$  son matrices  $n \times n$  de coeficientes que relacionan los valores rezagados de las variables endógenas con los valores actuales de dichas variables,  $B_0, \dots, B_r$  son matrices de  $n \times m$  de coeficientes que relacionan los valores rezagados y actuales de las variables exógenas con los valores actuales de las variables endógenas,  $\varepsilon_t$  es un vector de  $n \times 1$  de términos de error,  $p$  números de rezagos a incluir en el VAR,  $\Sigma$  es una matriz  $n \times n$  de varianza – covarianza de las perturbaciones,  $\sigma_{it}^2$  varianza de la  $i$ -enésima perturbación,  $I$  matriz de identidad de orden  $n$ ,  $O_t$  matriz nula de orden  $n$  (Novales 2016).

Los modelos VAR permiten mantener un análisis de series de tiempo multivariadas debido a que permiten analizar el impacto dinámico de las perturbaciones aleatorias sobre el sistema de las variables. Asimismo, los modelos VAR's son usados ampliamente para obtener pronósticos en sistemas de variables de series de tiempo interrelacionadas, donde cada variable ayuda a pronosticar a todas las demás variables.

Para poder estimar un modelo VAR se debe superar dos supuestos importantes en simultaneidad y homocedasticidad (Novales 2016).

Dado que el modelo VAR consiste en un conjunto de ecuaciones autorregresivas, que expresan un vector de variables en función de sus propios retardos, entonces el segundo miembro del modelo VAR solo hay variables retardadas y cada variable queda determinada exclusivamente en función de la información correspondiente al período precedente a través de su propia variable. Lo descrito anteriormente significa que no existe simultaneidad en la determinación de las variables, por tanto, la estimación puede realizarse a través de los Mínimos Cuadrados Ordinarios y se incluyen suficientes rezagos de todas las variables para satisfacer la suposición de homocedasticidad para las regresiones de series de tiempo.

Al pasar de los años los modelos VAR's han evolucionado de tal forma que hoy en día, en el trabajo empírico, se puede encontrar los siguientes planteamientos:

- **VAR's de forma reducida:** Expresa cada variable como una función lineal de sus valores pasados, de los valores pasados de las otras variables del modelo y de los términos de errores no correlacionados.
- **VAR's estructurales:** Utilizan la teoría económica para ordenar la relación contemporánea entre las variables.
- **VAR's Bayesianos:** Incorporan información a priori sobre los valores de los parámetros (sobre parametrizan el sistema).
- **VAR's Cointegrados:** Son una generalización de los procesos de raíz unitaria en el contexto multivariado y expresan el modelo como un sistema de corrección de errores.
- **VAR's Media Móvil:** Incorporan modelos de promedio móvil para los errores a fin de reducir los órdenes autorregresivos.

#### 4.1 Identificación en un modelo VAR

En un modelo vectorial autoregresivo de primer orden  $VAR_2(1)$ , las variables explicativas de cada ecuación son: una constante, más un retardo de cada una de las variables del modelo, más tres parámetros en la matriz de covarianzas, con un total de nueve parámetros para explicar el movimiento conjunto de dos variables.

En el modelo  $VAR_3(1)$ , que explica el comportamiento temporal de tres variables, habría tres variables explicativas retardadas y dos contemporáneas, más una constante, en cada ecuación, para un total de dieciocho coeficientes a estimar, seis en cada ecuación,

más los seis elementos de la matriz de covarianzas de las innovaciones (24 parámetros en total).

Si el modelo fuera de segundo orden en dos variables,  $VAR_3(2)$ , habría nueve coeficientes a estimar en cada una de las tres ecuaciones que componen el modelo VAR, con un total de veinte y siete coeficientes, más los seis elementos de la matriz de covarianzas de las innovaciones (33 parámetros en total).

En conclusión, Alfonso Novales nos indica que el número de parámetros a estimar en un modelo VAR aumenta muy rápidamente con el orden del mismo o con el número de ecuaciones.

## 4.2 Estimación de un modelo VAR

Una vez que se ha determinado que existe una ausencia de restricciones, es decir, simultaneidad y heterocedasticidad, la estimación por mínimos cuadrados ordinarios, ecuación por ecuación, de un modelo VAR produce estimadores eficientes. Junto con el hecho de que la colinealidad entre las variables explicativas no permite ser muy estricto en la interpretación de los estadísticos t, sugiere que es preferible mantener todas las variables explicativas iniciales en el modelo.

El estimador es consistente siempre y cuando los términos de error sean ruido blanco, pues en tal caso, no estarán correlacionados con las variables explicativas, por la misma razón que en un modelo univariante. Por tanto, la ausencia de autocorrelación en los términos de error de todas las ecuaciones es muy importante. Considerando entonces lo mencionado, es fácil concluir que por principio de parsimonia<sup>5</sup> debe incluirse en cada ecuación, como variables explicativas, el menor número de retardos que permita eliminar la autocorrelación residual en todas las ecuaciones.

Un modelo VAR no se estima para hacer inferencia acerca de coeficientes de variables individuales. Precisamente la baja precisión en su estimación, desaconseja cualquier análisis de coeficientes individuales. Tiene mucho sentido, por el contrario, el análisis conjunto de los coeficientes asociados a un bloque de retardos en una determinada ecuación.

---

<sup>5</sup> Principio de Parsimonia: En igualdad de condiciones, la explicación más sencilla suele ser la más probable.

## 5. Modelo Series de tiempo.

Se estableció la relación de la macroeconomía con la percepción del cliente y se indicó que una forma de predecir una variable en el futuro es a través de otras variables llamadas regresoras que pueden ser rezagos de la misma variable ya que tienen una relación empírica, esto por medio de una modelización VAR. Ahora, existe otra forma de predecir los valores futuros de una variable y es basándonos en el comportamiento histórico de la misma variable. Se parte entonces por definir de forma clara una serie tiempo

Una serie de tiempo es una secuencia de  $N$  observaciones ordenados y equidistantes cronológicamente sobre una característica o sobre varias características de una unidad observable en diferentes momentos. Otra definición muy similar que es proporcionada por el Instituto de estadísticas de Puerto Rico una serie de tiempo es una secuencia de observaciones, medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y, espaciados entre sí de manera uniforme, así los datos usualmente son dependientes entre sí. (Peña 2010)

Se puede concluir que una serie de tiempo se establece por una secuencia  $n$  observaciones de una misma variable que están ordenadas cronológicamente y son equidistantes y también partiendo del concepto el objetivo principal de analizar una serie de tiempo  $X_t$  donde  $t = 1, 2, \dots, n$  es para realizar un pronóstico de la variable analizada.

### 4.1 Metodología de Box-Jenkins

Ahora es preciso definir la metodología que se va a utilizar para realizar el pronóstico de la variable de estudio Depósitos monetarios de un banco. La publicación de G.P.E Box y G.M Jenkins “Times Series Análisis: Forecasting and Control” en la década de los 70’s generó un nuevo conjunto de herramientas de predicción, cuyo procedimiento se llamó metodología Box- Jenkins; también técnicamente conocida como metodología ARIMA. Este método precisa como objetivo el identificar y estimar un modelo estadístico que puede ser interpretado como generador de la información de la muestra. En este sentido, si el modelo estimado es usado para la predicción debe suponerse que:

- Las características de la serie son constantes en el tiempo, especialmente para los periodos futuros.

Por lo tanto, la predicción se efectúa sobre una base válida considerando que el modelo es estacionario o estable, así entonces vamos a tratar las etapas de la metodología.

#### **4.1.1 Etapa 1: Identificación**

En esta etapa es necesario identificar qué tipo de proceso estocástico nos entrega los datos de la variable que vamos a analizar. Las herramientas fundamentales para identificación son el correlograma muestral simple (FAS) y el correlograma parcial muestral (FAP), pero partamos por definir ¿Qué es un proceso estocástico?

Un proceso estocástico se describe como una secuencia de datos que evolucionan en el tiempo. Un proceso estocástico es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y si el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o rezago entre estos dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza. (Peña 2010)

Para poder realizar predicciones bajo la metodología de Box-Jenkins se necesita una serie de tiempo estacionaria y basada en la definición de proceso estocástico se puede decir que una serie de tiempo puede presentarse de dos maneras:

- Estacionarias. - Una serie es estacionaria cuando es a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y varianza son constantes en el tiempo.
- No estacionarias. - Son series en las cuales la tendencia y/o variabilidad cambian en el tiempo. Los cambios en la media determinan una tendencia a crecer o decrecer a largo plazo, por lo que la serie no oscila alrededor de un valor constante.

La mayoría de las veces no se presenta una serie de tiempo estacionaria y es preciso volverla estacionaria para que no presente tendencia y las observaciones sean regulares, para ello debemos diferenciar a la variable  $d$  veces necesarias.

Volviendo a las herramientas FAS y FAP para identificación del proceso estocástico, estos presentaran, según el tipo de modelo, patrones teóricos como los descritos a continuación:



Cuadro N° 2. Patrón FAS-FAP

Tipo de modelo	Patrón típico de la FAS	Patrón típico de la FAP
AR(p)	Decrecimiento rápido de tipo geométrico puro, geométrico con alternación de signos, sinusoidal o mezcla de ambos tipos.	Picos grandes en los $p$ rezagos o corta abruptamente a partir del rezago $p$ , es decir la FAP se anula luego del rezago $p$ .
MA(q)	Picos grandes en los $p$ rezagos o corta abruptamente a partir del rezago $p$ , es decir la FAP se anula luego del rezago $p$ .	Decrecimiento rápido de tipo exponencial y/o sinusoidal.
ARMA (p, q)	Decrecimiento exponencial	Decrecimiento exponencial

Elaboración propia

Surge la necesidad de definir ¿qué son un FAS y FAP?, y para ello hay que recordar el termino correlación, en ocasiones en una serie de tiempo los valores que toma una variable en el tiempo no son independientes entre sí, sino que un valor determinado depende de los valores anteriores, a esta correlación se la denomina autocorrelación y existe dos formas de medir esta dependencia:

- **Función de Autocorrelación Simple (FAS).** La autocorrelación simple mide la correlación entre dos variables separadas por  $k$  periodos.
- **Función de Autocorrelación Parcial (FAP).** La autocorrelación parcial mide la correlación entre dos variables separadas por  $k$  periodos cuando no se considera la dependencia creada por los retardos intermedios existentes entre ambas.

Dadas las funciones de autocorrelación y sus patrones, entonces queda conceptualizar también ¿Qué es un Modelo AR(p) y MA(q)? y como identificarlo mediante el correlograma que presentan las funciones FAS y FAP.

### Procesos Autoregresivos AR (p).

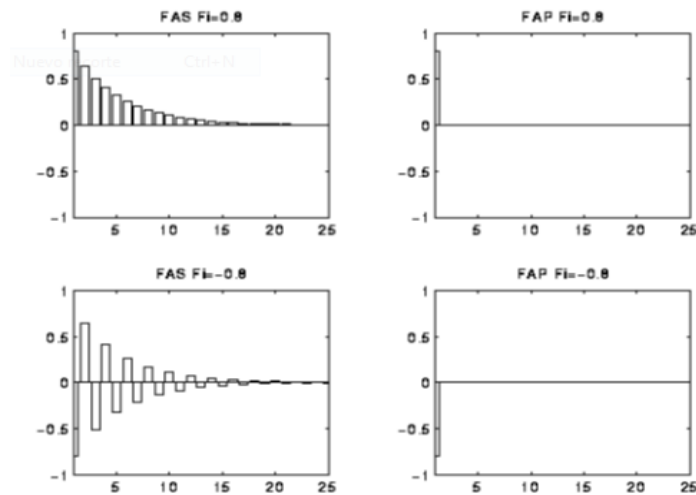
Los modelos autoregresivos se basan en la idea de que el valor actual de la serie,  $X_t$ , puede explicarse en función de valores  $p$  pasados  $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-p}$ , donde  $p$  determina el número de rezagos necesarios para pronosticar un valor actual (Peña 2010). El modelo autoregresivo de orden  $p$  está dado por:

$$X_t = \phi_0 + \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \dots (1)$$

Donde  $\varepsilon_t$  es un proceso de ruido blanco y  $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  son los parámetros del modelo. La FAS y FAP son combinación de las del proceso AR (1). La FAP del proceso AR(p) será más sencilla, pues tendrá  $p$  palos significativos y el resto de los palos no lo serán. FAS de un proceso AR (1) pueda tener el siguiente aspecto:

- $\phi$  positivo: La FAS será una función positiva y decreciente.
- $\phi$  negativo: La FAS será una función alternada, y tendrá palos pares positivos, y palos impares negativos.

Gráfico No 5. FAS Y FAP Raíces Positivas

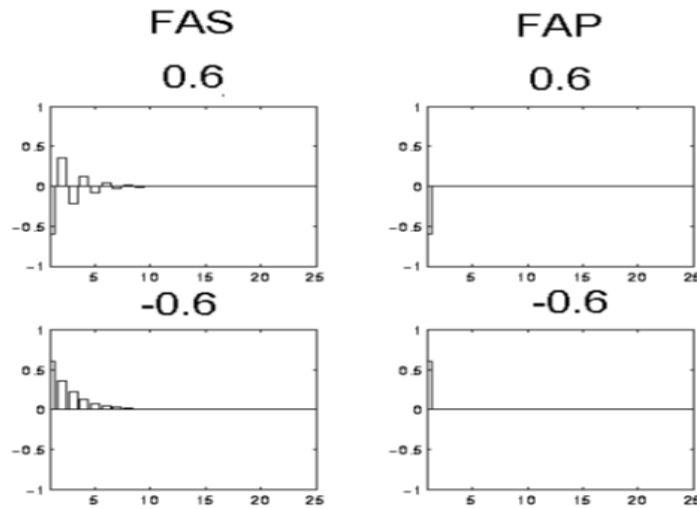


Elaboración propia

En cuanto a la FAP sólo existe influencia de primer orden. Las FAP serán, por tanto:

- $\phi$  positivo: La FAP tendrá un único palo, el primero. Este palo será positivo.
- $\phi$  negativo: La FAP tendrá un único palo y será negativo.

Gráfico No 6. FAS Y FAP Raíces Negativas



Elaboración propia

### Procesos de Media Móvil MA (q).

Los procesos autorregresivos que se han introducido tienen una característica común: todos ellos tienen memoria larga. La memoria larga aparece en que los palos de la FAS van decreciendo lentamente. Así, un proceso autorregresivo tarda bastante tiempo en absorber los impactos externos.

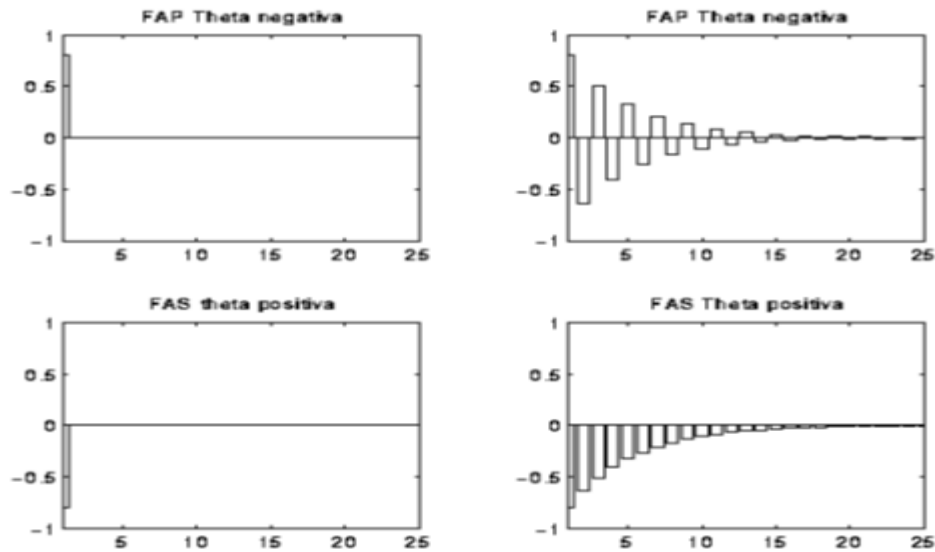
La realidad nos muestra que existen series, que absorben rápidamente los impactos. Este tipo de fenómenos no se pueden modelizar exclusivamente mediante modelo autorregresivos, y es necesario introducir una nueva familia de modelos para poder representarlos.

La familia de procesos matemáticos que representa los procesos de memoria corta se denomina genéricamente procesos de media móvil MA(q). El proceso de media móvil de orden superior MA(q) tiene la siguiente ecuación y tarda q periodos en absorber los impactos.

$$X_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Las FAS y FAP de los procesos MA son muy similares a las del AR (1), pero cambiadas. Es decir, la FAS del MA (1) tiene un único palo (De ahí la corta memoria). Mientras que la FAP tiene muchos palos que van decreciendo lentamente del mismo modo que lo hacían los palos de la FAP del AR (1).

Gráfico No 7. FAS y FAP MA (q)



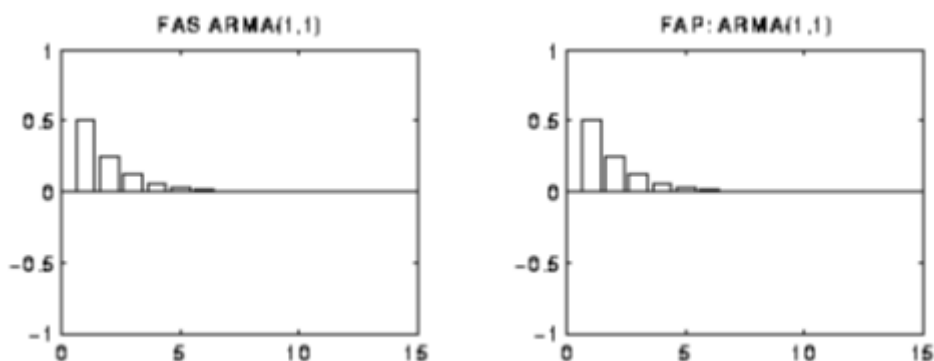
Elaboración propia

### Procesos ARMA (p, q)

En la práctica se observa que las series no son puras  $AR(p)$  o  $MA(q)$ , sino que presentan parte  $AR(p)$  y parte  $MA(q)$ . Los procesos ARMA (p, q) son combinación de estructuras autorregresivas y de media móvil que tienen una parte  $AR(p)$  y una parte  $MA(q)$ . Su FAS y su FAP serán combinación de ambos procesos y tendrán la siguiente estructura:

- FAS: Los primeros  $q$  palos de la FAS vendrán establecidos por la parte MA. Estos palos le van a permitir a la serie absorber rápidamente los impactos externos, tal como corresponde a la parte MA. A partir del retardo  $q$  se producirá un decrecimiento de los palos que vendrá dado por la estructura AR.
- FAP: Los primeros  $p$  palos de la FAP vendrán establecidos por la parte AR. A partir del retardo  $p$  se producirá un decrecimiento de los palos que vendrá dado por la estructura MA

Gráfico No 8. FAS ARMA y FAP ARMA



Elaboración propia

Cabe anotar, que en el procedimiento de identificación del modelo de  $p$  y  $q$ , se consideran aquellos rezagos estadísticamente significativos, por lo cual no es necesario incluir rezagos intermedios hasta  $p$  o  $q$  si éstos no son significativos.

#### 4.1.2 Etapa 2: Estimación

Una vez ya identificados el número de rezagos  $p$  y  $q$  en la etapa anterior se procede a estimar los coeficientes de los términos autorregresivos y de media móvil incluidos en el modelo. Para hacerlo se utilizará el modelo de mínimos cuadrados ordinarios que supone una distribución normal de los errores.

La estimación del modelo se efectúa para la serie que se ha comprobado y como, se lo dijo en el punto anterior, es estacionaria. De acuerdo con el teorema de descomposición de Wold<sup>6</sup>, el modelo ARMA ( $p$ ,  $q$ ) debería ser la primera opción, teniendo en cuenta que la inclusión de términos adicionales MA( $q$ ) puede mejorar las propiedades estadísticas de la estimación.

Los modelos MA( $q$ ) son poco comunes y en la práctica a todos los modelos se les incorpora la constante o intercepto. Cuando se desarrollan los modelos es difícil identificar con exactitud el orden  $p$  y  $q$  del modelo ARMA ( $p$ ,  $q$ ), por tanto, se suelen plantear dos o más modelos, que luego de ser estimados se valida su utilidad para elegir el más apropiado.

---

<sup>6</sup> El Teorema de Descomposición de Wold enuncia que un proceso aleatorio general puede ser descrito como suma de dos procesos

#### 4.1.3 Etapa 3: Verificación

Como se mencionó en la etapa anterior, para la predicción de un variable se estiman dos o más modelos que luego tiene que ser evaluados si se ajustan de forma razonable a los datos. A esta etapa se la conoce como validación o comprobación de diagnóstico y es aquí donde se realizan una serie de pruebas antes de proceder a realizar estimaciones de valores futuros de la variable analizada. Partimos por realizar las siguientes pruebas:

- a) Análisis de los coeficientes: los rezagos que se añadieron al modelo necesitan ser significativos estadísticamente a cierto nivel de confianza. Considerando que se usa mínimos cuadrados ordinarios y bajo sus propiedades asintóticas, los estadísticos  $t$  de student sirven para probar la *significancia individual* de cada uno de los coeficientes  $p$  y  $q$ .
- b) Bondad de ajuste: se compone de varios indicadores establecidos solo mencionare a los más importantes:
  1.  $R^2$  Ajustado: esta herramienta mide la bondad de ajuste y este  $R^2$  es corregido por los grados de libertad resultantes de introducir parámetros adicionales en el modelo, mientras mayor será el ajuste mejor será el modelo. Sin embargo, para comparar los  $R^2$  de dos modelos estos deben tener el mismo número de diferencias. “Esto se sustenta en que la varianza total depende del número de diferencias que se haya tomado” (Rosales 2012, 3). Por esta limitación se tiene otros indicadores alternativos Akaike Information Criterion – AIC o el Schwartz Criterion – SC.
  2. Akaike Information Criterion – AIC o el Schwartz Criterion – SC: estas son herramientas útiles para elegir el numero correcto de los rezagos  $p$  y  $q$  del modelo ARMA  $(p, q)$ . Los dos criterios se apoyan el uso de la suma de los cuadrados de los errores, buscando minimizarla a partir de diversas combinaciones de  $p$  y  $q$ . Esta prueba también es conocida como prueba de parsimonia. Al efectuar el diagnóstico del AIC y el SC se desea que estos sean lo menor posible al comparar modelos con diversas combinaciones de  $p$  y  $q$ .
  3. Análisis de los residuos: los errores del modelo manejan el supuesto de media cero, varianza constante y no correlación serial, pero este debe verificarse. Para ello es posible efectuar varios análisis:

- i. Correlograma de los residuos: el correlograma de los residuos nos permite evaluar que los errores del modelo son ruido blanco, de no serlo quiere decir que existe una estructura remanente del modelo que no se logró capturar. Agregar un rezago más sea  $p$  y  $q$  mejorará el correlograma.
- ii. Prueba de autocorrelación: manejamos el estadístico Breusch-Godfrey que establece hipótesis nula de ausencia de autocorrelación:

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_r = 0 \quad \text{Ausencia de autocorrelación}$$

$$H_1 : \rho_1 \neq \rho_2 \neq \dots \neq \rho_r \neq 0 \quad \text{Existe autocorrelación AR}(p) \text{ o MA}(q)$$

- iii. Prueba de Heterocedasticidad: la homocedasticidad es un supuesto del modelo de regresión lineal que menciona una varianza constante y cuando el modelo no la tiene existe heterocedasticidad que surge por la presencia de datos atípicos o aberrantes (Damodar y Porter 2011). La prueba ARCH maneja una hipótesis nula de no heterocedasticidad:

$$H_0 : \sigma_i^2 = \sigma^2 \quad \text{Para todo } i$$

$$H_1 : \text{ausencia } H_0$$

- iv. Normalidad: el método de mínimos cuadrados ordinarios los errores del modelo siguen distribución normal. Para validarla se construye el histograma de frecuencias. La prueba de normalidad se efectúa con el estadístico Jarque Bera que tiene como hipótesis nula la aproximación a distribución normal.

$$H_0 : \varepsilon \quad \text{Se aproxima a una distribución normal}$$

$$H_1 : \varepsilon \quad \text{No se aproxima a una distribución normal}$$

#### 4.1.4 Etapa 4: Pronostico

Cuando la serie de tiempo es estacionaria, cumple los requisitos de varianza, autocorrelación y normalidad esta lista para genera modelos de predicción, “los pronósticos obtenidos por este método son más confiables que los obtenidos de modelos econométricos tradicionales, en particular en el caso de pronósticos de corto plazo” (Damodar y Porter 2011).

## Capítulo Segundo

### Creación de Modelos Series de tiempo y Multivariable

#### 1. Modelo de Serie de Tiempo Depósitos Monetarios de un banco.

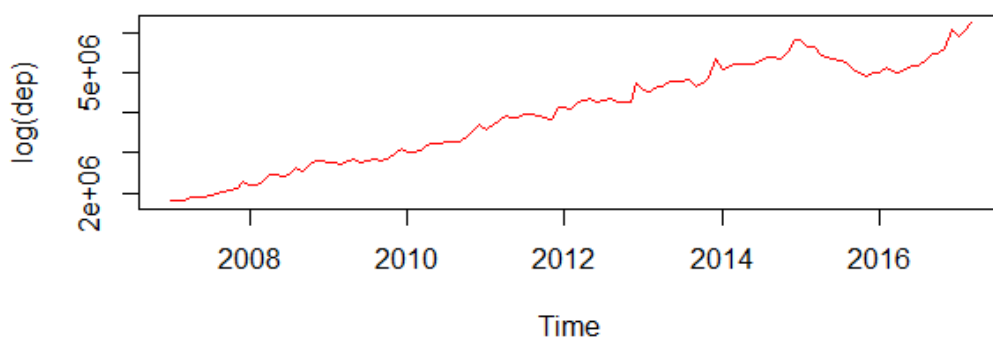
##### 1.1 Obtención y manejo de la Data.

Para la realización del Modelo de depósitos monetarios es necesario obtener una serie de los depósitos a la vista de un banco del sistema financiero ecuatoriano, es por ello que se procedió a descargar información publicada de la página web de Superintendencia de Bancos, del Banco al cual llamaremos para el resto del estudio “Banco Estudio”. La información disponible nos permite obtener una serie desde enero del 2007 (2007:01) hasta Julio del 2017 (2017:07) de la cuenta 2101 Depósitos Monetarios con corte mensual expresada en miles de dólares norteamericanos.

##### 1.2 Creación del Modelo en R.

Se va a utilizar el software R para la creación del modelo, se carga la data a la cual se denomina “DEP” y se empieza a realizar el análisis univariante. Se realiza una gráfica de la serie, la misma permite ver que la serie posee tendencia creciente con una ruptura en el año 2015 y retoma su comportamiento tendencial para 2016. Adicional se ve cambios en la amplitud de las oscilaciones que indican una posible varianza no constante, es decir no existe Homocedasticidad, entonces se tiene una serie No estacionaria con un patrón estacional en el mes 12. (Figura 3.1).

Gráfico No 9. Modelo en R Depósitos



Elaboración propia



Dado que el fin del presente estudio es realizar un Forecast con la serie Depósitos monetarios, es necesario establecer una metodología para modelizar la data y obtener una ecuación con la cual obtener datos futuros, por tanto, consideramos la metodología de Box-Jeking.

### 1.2.1 Prueba de Estacionariedad (mediante un test de Raíz Unitaria).

Como primer paso se va a determinar si la serie es estacionaria y para ello se recurre a las pruebas de Dikey Fuller Aumentado, Phillips & Perron y Kwiatkowski (Gráfico 8). Las dos primeras pruebas utilizan las siguientes hipótesis:

$H_0: y \geq p$  La serie estudiada tiene raíz unitaria, por lo tanto, no es estacionaria.

$H_1: y < p$  La serie estudiada no tiene raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

La prueba de Kwiatkowski utiliza las siguientes hipótesis:

$H_0: y \leq p$  La serie estudiada tiene raíz unitaria, por lo tanto, no es estacionaria.

$H_1: y > p$  La serie estudiada no tiene raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

Gráfico No 10. Pruebas de Raíz Unitaria. Serie DEP

```
#####
# Phillips-Perron Unit Root Test #
#####

value of test-statistic, type: Z-tau is: -1.8355

      aux. Z statistics
Z-tau-mu      2.8618
Z-tau-beta    1.0225

critical values for Z statistics:
      1pct      5pct      10pct
critical values -4.035455 -3.446904 -3.148229

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

value of test-statistic is: -2.0654 8.8783 3.6102

critical values for test statistics:
      1pct      5pct      10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

#####
# KPSS Unit Root Test #
#####

value of test-statistic is: 0.5186

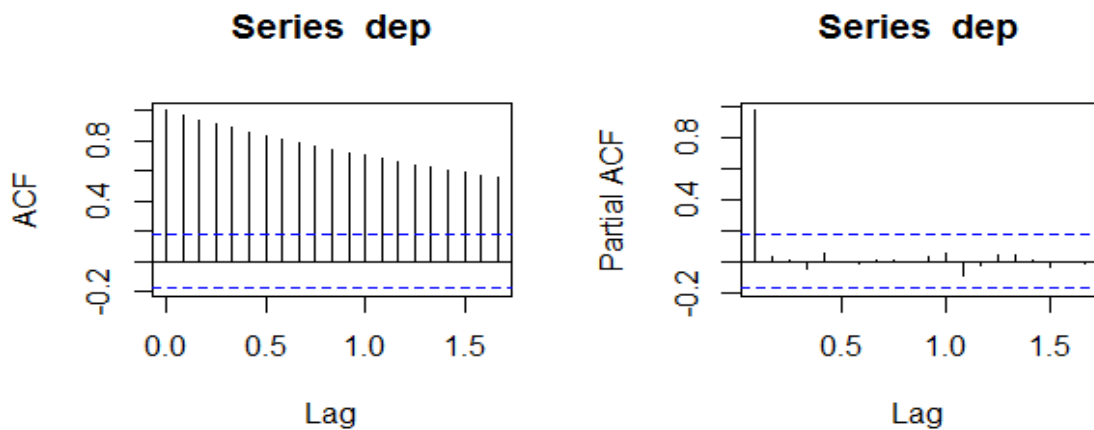
critical value for a significance level of:
      10pct      5pct      2.5pct      1pct
critical values 0.119 0.146 0.176 0.216
```

Elaboración propia

Los resultados de las pruebas de raíz unitaria arrojan valores p para PP = 1.83, para ADF = 2.06 y para KPSS = 0.51 por tanto evaluando cada prueba frente a niveles de confianza del 99%; 95% y 90% en cada una no se puede rechazar la Hipótesis nula ( $H_0$ ) de raíz unitaria, es decir que la serie mantiene una raíz unitaria y por tanto no es estacionaria.

Para corroborar las pruebas de raíz unitaria realizadas se observa el correlograma de la serie (Figura 3.3), donde se aprecia un FAS con memoria larga y un FAP de una sola barra significativa, claros de un modelo AR (1), por tanto, se tiene una tendencia marcada con auto correlación.

Gráfico No 11. Correlograma Serie Depósitos Monetarios.

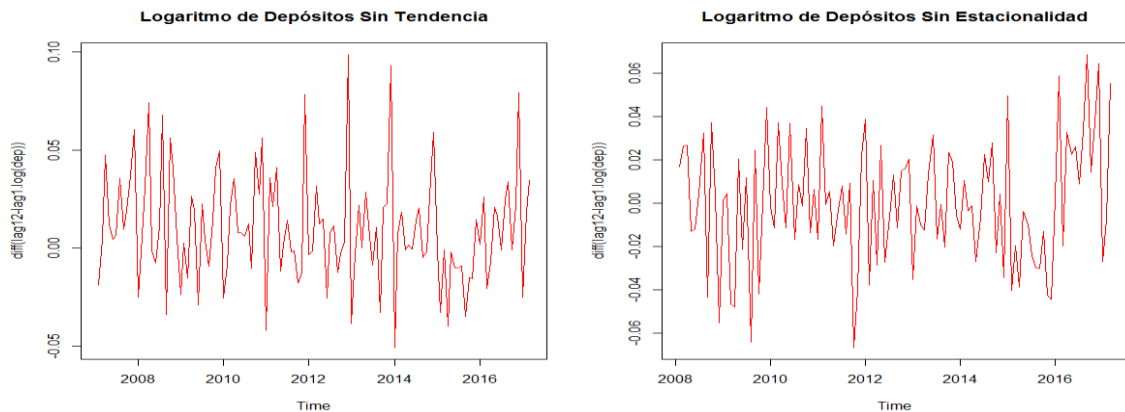


Elaboración propia

Para hacer estacionaria la serie primero se la estabiliza la varianza al aplicar logaritmos y luego se usa una primera diferencia para eliminar el componente tendencial que mostro la serie de depósitos monetarios bajo pruebas anteriores. Existe también un componente estacional debido al comportamiento de la serie en los meses de abril, agosto y diciembre pues se tiene picos evidentes debido a un repunte en el monto de los depósitos monetarios en estos meses con respecto al comportamiento anual, se va utilizar una diferencia 12 debido a la periodicidad mensual de la variable que elimina el componente estacional a más del tendencial.

Se vuelve a validar el grafico de la nueva variable creada (Figura 3.4) y se puede observar que después de aplicar la primera diferencia, se tiene aparentemente que la serie oscila alrededor de la media y se tiene una serie estacionaria sin tendencia, pero con un componente estacional que es eliminado con la diferencia 12. Volvemos a las pruebas de Dikey Fuller Aumentado, Phillips & Perron y Kwiatkowski y vemos que considerando niveles de confianza del 99%, 95% y 90% rechazamos las Hipótesis nulas ( $H_0$ ) para cada una de las pruebas y por tanto aceptamos la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) donde tenemos una serie que ya es estacionaria (Gráfico 10).

Gráfico No 12. Serie Depósitos Monetarios con 1era y 12 va diferencia



Elaboración propia

Gráfico No 13. Pruebas de Raíz Unitaria. Serie Depósitos monetarios sin Tendencia y Estacionalidad

```
#####
# Phillips-Perron Unit Root Test #
#####

value of test-statistic, type: Z-tau is: -10.7961

      aux. Z statistics
Z-tau-mu      -0.0070
Z-tau-beta      1.2327

critical values for z statistics:
      1pct      5pct      10pct
critical values -4.044426 -3.451156 -3.150721

#####
# Augmented Dickey-Fuller Test Unit Root Test #
#####

value of test-statistic is: -6.8459 15.7125 23.5675

critical values for test statistics:
      1pct      5pct      10pct
tau3 -3.99 -3.43 -3.13
phi2  6.22  4.75  4.07
phi3  8.43  6.49  5.47

#####
# KPSS Unit Root Test #
#####

value of test-statistic is: 0.0981

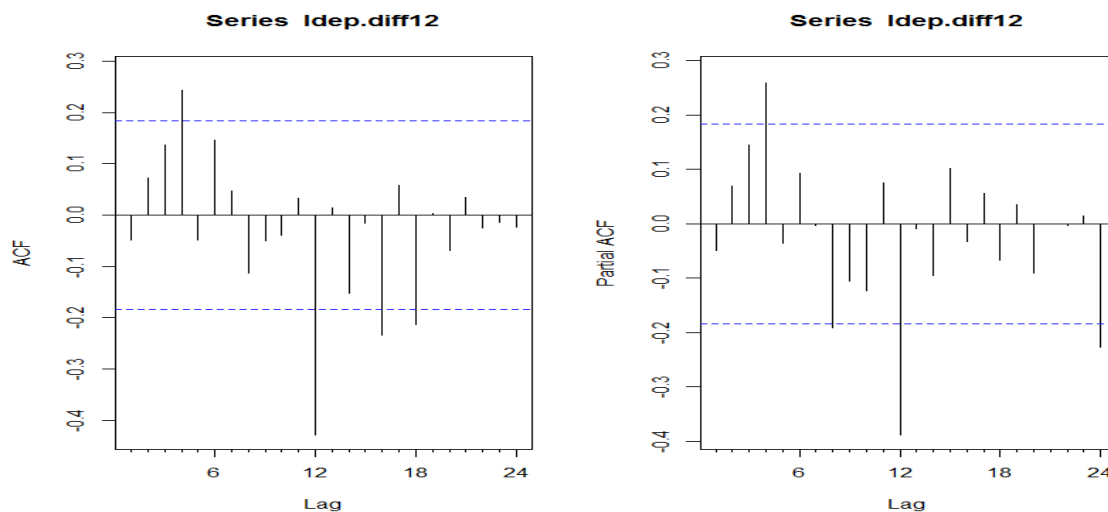
critical value for a significance level of:
      10pct      5pct      2.5pct      1pct
critical values 0.119 0.146  0.176 0.216
```

Elaboración propia

### 1.2.2 Obtener el Correlograma de la Serie

Vemos el correlograma de la variable Depósitos monetarios que ya es estacionaria y no es ruido blanco y en consecuencia la serie es modelable. Apreciamos un FAS y FAP con  $\phi$  negativo lo que indica que es una función alternada y por eso tiene barras negativas y positivas (Gráfico 12).

Gráfico No 14. Correlograma Serie Estacionaria de Depósitos Monetarios



Elaboración propia

Al ver las barras que sobrepasan las bandas de límite en la función de Autocorrelación Parcial identificamos un AR (4) y un AR (12). Por parte de la función de Autocorrelación Simple un MA (4) y un MA (12).

### 1.2.3 Estimación de modelos

La variable depósitos monetarios como ya se la analizó previamente mantenía un comportamiento estacional y no era Homocedastica, por tanto, se va a validar 3 modelos de series de tiempo para determinar cuál de ellos genera el mejor forecast, ARIMA, SARIMA o GARCH.

#### 1.2.3.1 Construcción y validación de Modelo ARIMA (p, d, q)

Dentro del software R se tiene la función *arima* que permite incluir de forma manual los componentes Autoregresivos AR (p), el número de diferencias utilizadas para hacer estacionaria la serie (d) y Medias Móviles MA (q). El resultado arroja los coeficientes de cada componente los cuales hay que validar mediante una *prueba t* si son significativos.

Pero en lugar de hacerlo de forma manual se aprovecha de mejor maneja el software R y se va a usar la función *auto.arima* que selecciona de manera automática el orden de cada componente (p,d,q) basando su selección en los criterios de parsimonia AIC (Akaike Information Criteria), AICc (AIC corregido) o BIC (Bayesian Information Criteria).

Para estimar el modelo ARIMA, se supone una serie estacionaria y que no presenta signos de estacionalidad luego de las transformaciones efectuadas. Al correr la función nos arroja una lista de modelos que fueron analizados y junto con ellos el mejor modelo y para este caso es un ARIMA (2,1,2) basado en el criterio AICc = -553.1 (Gráfico 13).

Gráfico No 15. Modelos ARIMA variable Depósitos Monetarios

ARIMA(2,1,2)	with drift	: -553.0984			
ARIMA(0,1,0)	with drift	: -541.4484			
ARIMA(1,1,0)	with drift	: -541.559			
ARIMA(0,1,1)	with drift	: -542.2989			
ARIMA(0,1,0)		: -529.2232			
ARIMA(1,1,2)	with drift	: -539.064			
ARIMA(3,1,2)	with drift	: Inf			
ARIMA(2,1,1)	with drift	: -539.7578			
ARIMA(2,1,3)	with drift	: Inf			
ARIMA(1,1,1)	with drift	: -540.6316			
ARIMA(3,1,3)	with drift	: Inf			
ARIMA(2,1,2)		: -520.761			
Best model: ARIMA(2,1,2) with drift					
	ar1	ar2	ma1	ma2	drift
	0.0268	-0.9716	-0.1161	0.9615	0.0097
s.e.	0.0336	0.0536	0.1143	0.0488	0.0022

Elaboración propia

Con los datos arrojados por el modelo es necesario validar la significancia de los coeficientes para ello usamos una prueba de hipótesis  $H_0$ : *coeficientes = 0* y  $H_1$ : *coeficiente diferente de 0*; se busca rechazar la hipótesis nula de no significancia del coeficiente analizado, mientras más alto es el valor p mayor significancia se tiene. Se obtiene los siguientes resultados:

```
Validación del Modelo:
1) Test sobre los coeficientes. H0: coef=0 vs Ha: coef != 0
   p-valores para cada coeficiente
[1] 0.574 1.000 0.690 1.000 1.000
```

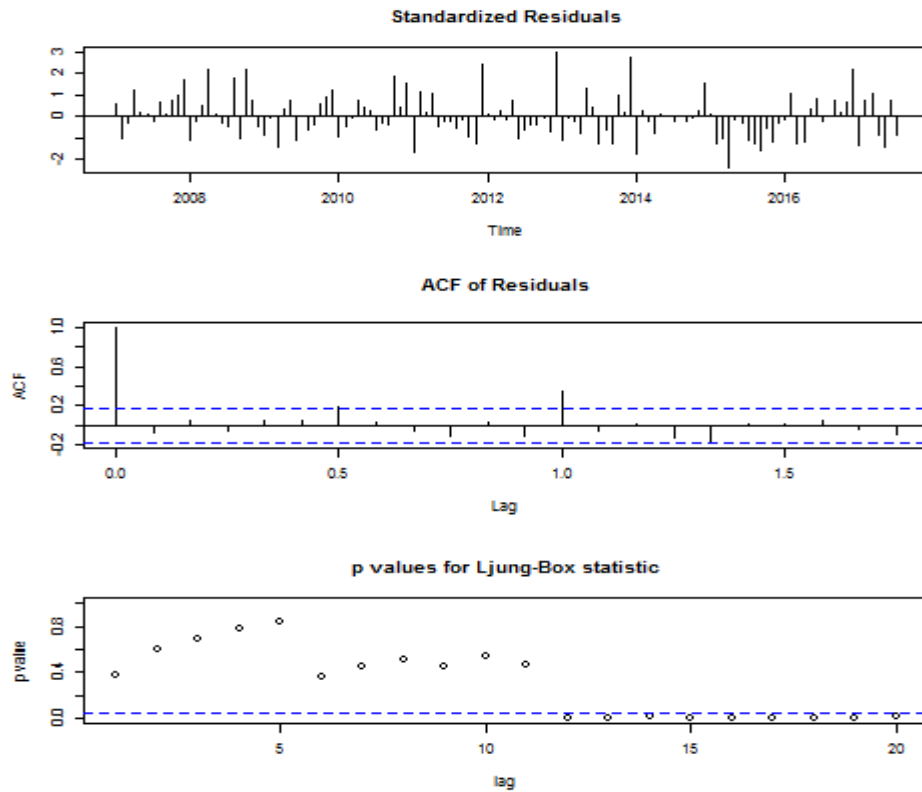
Se puede ver que los coeficientes AR2 y MA2 son más significativos y la ecuación sería:

$$y_t = 0.0097 - 0.9716 y_{t-2} + 0.9615 e_{t-2}$$

Ahora procederemos a realizar una verificación de autocorrelación mediante el análisis de los residuos estandarizados (Gráfico 14), el correlograma FAS de residuos muestra que los residuos no son un Ruido Blanco pues existe barras que sobrepasan los niveles de confianza, esto se comprueba de forma adicional al correr el test Ljung-Box/Pormanteau que mantiene como hipótesis  $H_0$ : *Ruido blanco* y  $H_1$ : *No son ruido*

*blanco*, se grafica los valores  $p$  del test y se muestra que existe valores que no cumplen la condición superior al 0.05 de significancia.

Gráfico No 16. **Modelo Depósitos monetarios ARIMA (2,1,2). Correlograma de residuos**



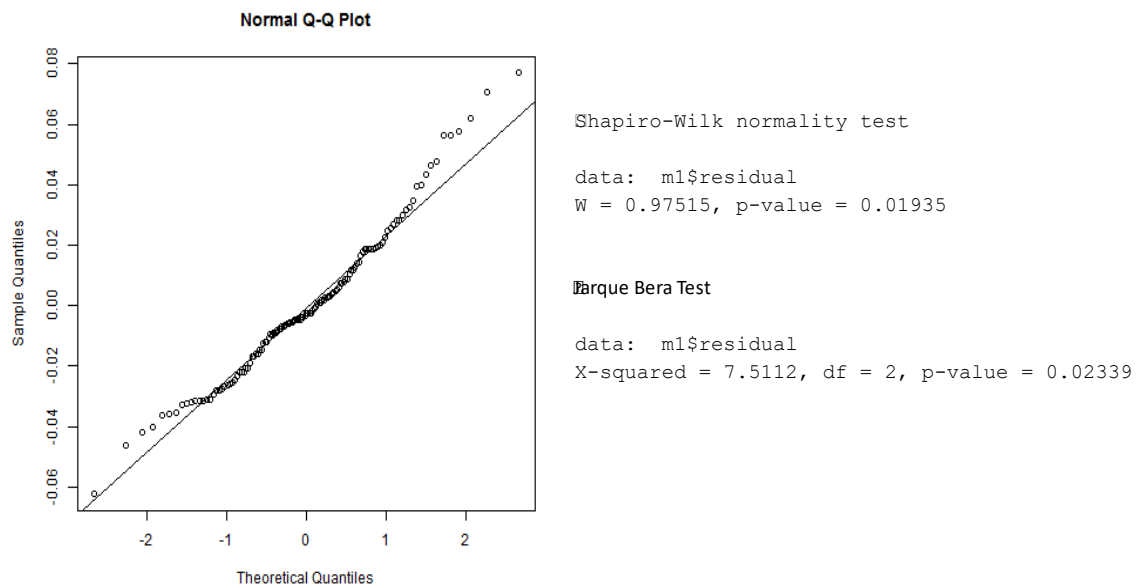
Elaboración propia

Ahora solo falta validar un supuesto importante del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios la Normalidad, y considerando que todas las pruebas aplicadas en el estudio utilizan un modelo de regresión lineal, procedemos a aplicar los test de Jarque Bera y Shapiro-Wilk, ambos tienen como hipótesis:

$H_0 : \varepsilon$  Se aproxima a una distribución normal

$H_1 : \varepsilon$  No se aproxima a una distribución normal

Gráfico No 17. Cuantiles, Test Jarque Bera y Shapiro-Wilk



Elaboración propia

El gráfico de cuantiles muestra que los residuos se apegan a los cuantiles teóricos de una distribución normal con ciertas desviaciones en las colas, para evitar confusiones se acude a confirmar de forma numérica los resultados de los test realizados y muestran claramente una distribución no normal dado que los valores  $p$  Jarque Bera = 0.02 y Shapiro-Wilk = 0.01 son menores a 0.05 (nivel de significancia), por tanto se rechaza la hipótesis nula y el modelo no mantiene una distribución normal de los residuos.

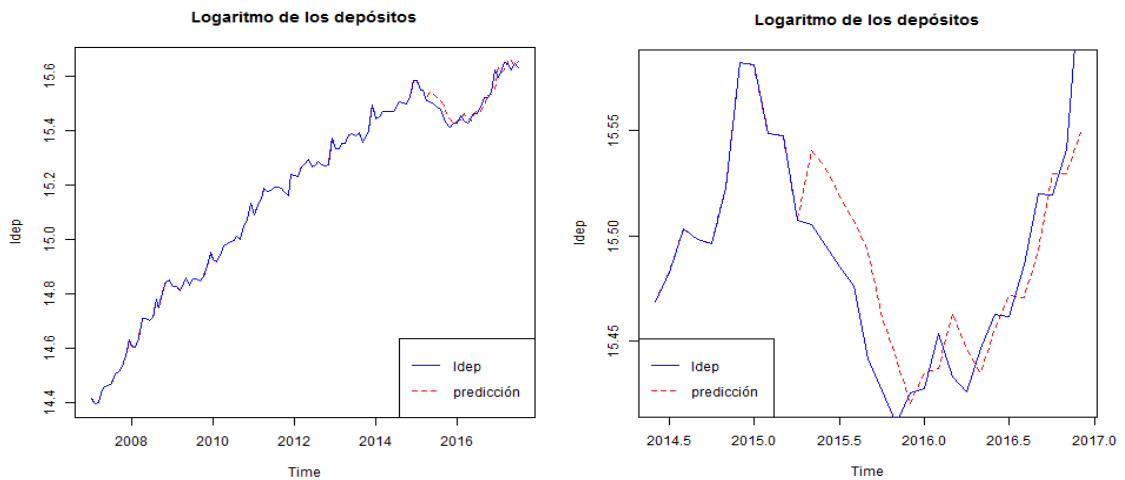
#### 1.2.3.2 Predicción de Depósitos monetarios bajo Modelo ARIMA (p, d, q)

Se ha validado el modelo y ha cumplido parcialmente las pruebas a las cuales fue sometido para determinar su bondad de ajuste y poder realizar predicción. Sin embargo, se va a realizar un forecast con el modelo ARIMA evaluado para determinar la capacidad de predecir observaciones.

Primero tomamos el 80 % de las observaciones de la serie de depósitos monetarios y luego se realiza una predicción paso a paso, es decir punto mensual a la vez hasta estimar el 20% de la serie restante. Al realizar este forecast paso a paso permite validar como se adapta las predicciones a los valores reales de la serie, es decir entrenar al modelo para la proyección definitiva desde agosto 2017.

En el gráfico 16 se puede ver la serie original de Depósitos monetarios junto con el Forecast y también un zoom del 20% de la data original vs su Forecast, como resultado se puede ver que a pesar de no tener un modelo que cumple todas las pruebas de ajuste la predicción arroja un indicador RSS (Suma de los Residuos al Cuadrado) es igual a 0.000837041.

**Gráfico No 18. Forecast One step Modelo ARIMA.**  
**Variable Logaritmo Depósitos monetarios 2007-2017**

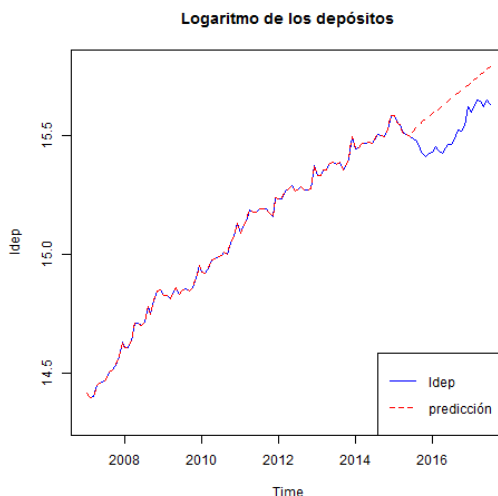


Elaboración propia

Ahora como parte establecer una buena proyección y después de haber entrenado el modelo, es importante validar un forecast ya no paso a paso sino 24 pasos, que equivalen al 20% de la data, para poder validar si el modelo se ajusta razonablemente. En el gráfico 19 podemos ver que la proyección del modelo discrepa razonablemente en el periodo 2015 por la ruptura que existe en tendencia y en su lugar el modelo arroja datos que recogen el crecimiento de los depósitos monetarios se podría decir de forma lineal.



Gráfico No 19. Forecast Modelo ARIMA. Variable Logaritmo Depósitos monetarios 2007-2017



Elaboración propia

### 1.2.3.3 Construcción y validación de Modelo SARIMA (p, d, q) (P, D, Q) s

Considerando que el Modelo ARIMA evaluado anteriormente no cumplía totalmente con los criterios de evaluación para considerarlo un modelo adecuado y sumando que el forecast no recogía de forma óptima el comportamiento de la serie, se procede a crear un modelo SARIMA.

Este modelo es utilizado para modelamiento de series que se comportan de manera estacional o que repiten un patrón de manera sistemática ciertos meses del año, y dado el análisis que se obtuvo al modelar la serie de Depósitos monetarios se puede optar por aplicar este modelo a la serie en estudio.

Los modelos SARIMA mencionan un estudio tanto de la parte ordinaria como de la parte estacional de la serie, es decir estima coeficientes AR y MA para las dos partes tomando en cuenta el número de diferencias para eliminar la tendencia y la estacionalidad.

Se va a seguir usando la función *auto.arima* en el software R para procesar el mejor modelo SARIMA para que el modelo se apegue a la lógica propuesta en el modelo ARIMA y hacerlos comparables, entonces de igual forma el criterio de parsimonia que se usará es el AIC (Akaike Information Criteria Corregido), por tanto se corre la función *auto.arima* que arroja una lista de modelos que fueron analizados de forma particular y junto con ellos el mejor modelo que es un SARIMA (2,1,2)(2,0,1)[12] basado en el criterio  $AICc = -583.6$  (Gráfico 20 ).

Gráfico No 20. Modelos SARIMA variable Depósitos

```

ARIMA(2,1,2) (1,0,1) [12] with drift      : -580.5343
ARIMA(0,1,0) with drift                    : -541.546
ARIMA(1,1,0) (1,0,0) [12] with drift      : -570.725
ARIMA(0,1,1) (0,0,1) [12] with drift      : -559.2965
ARIMA(0,1,0)                               : -529.2555
ARIMA(2,1,2) (0,0,1) [12] with drift      : Inf
ARIMA(2,1,2) (2,0,1) [12] with drift      : -583.6118
ARIMA(2,1,2) (2,0,0) [12] with drift      : -583.367
ARIMA(2,1,2) (2,0,2) [12] with drift      : Inf
ARIMA(2,1,2) (1,0,0) [12] with drift      : -574.4582
ARIMA(1,1,2) (2,0,1) [12] with drift      : -578.945
ARIMA(3,1,2) (2,0,1) [12] with drift      : -582.5644
ARIMA(2,1,1) (2,0,1) [12] with drift      : -580.31
ARIMA(2,1,3) (2,0,1) [12] with drift      : Inf
ARIMA(1,1,1) (2,0,1) [12] with drift      : Inf
ARIMA(3,1,3) (2,0,1) [12] with drift      : -580.2331
ARIMA(2,1,2) (2,0,1) [12] with drift      : Inf

Best model: ARIMA(2,1,2) (2,0,1) [12] with drift

Coefficients:
      ar1      ar2      ma1      ma2      sar1      sar2      smal      drift
1.2306 -0.4669 -1.3752  0.6808  0.7361  0.1189 -0.4367  0.0102
s.e.  0.2704  0.1867  0.2111  0.1674  0.2648  0.1844  0.2492  0.0066

```

Elaboración propia

Se valida la significancia de los coeficientes y se usa la prueba de hipótesis  $H_0$ : *coeficientes = 0* y  $H_1$ : *coeficiente diferente de 0*; se busca rechazar la hipótesis nula de no significancia del coeficiente analizado, mientras más alto es el valor p mayor significancia se tiene. Se obtiene los siguientes resultados:

```

1) Test sobre los coeficientes. H0: coef=0 vs Ha: coef != 0
   p-valores para cada coeficiente
[1] 1.000 0.988 1.000 1.000 0.995 0.481 0.920 0.878
      ar1      ar2      ma1      ma2      sar1      sar2      smal      drift

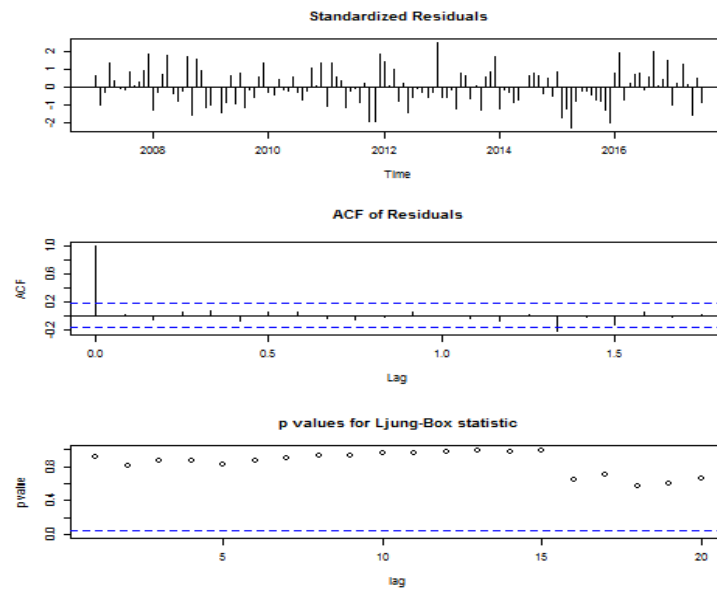
```

Se puede ver que todos los coeficientes son significativos y la ecuación sería:

$$y_t = 0.0102 + 1.2306 y_{t-1} - 0.4669 y_{t-2} - 1.3752 e_{t-1} + 0.6808 e_{t-2} + 0.7361 y_{t-12} + 0.1189 y_{t-24} - 0.4367 e_{t-12}$$

Se realizar una verificación de autocorrelación mediante el análisis de los residuos estandarizados (Gráfico 21), el correlograma FAS de residuos muestra que los residuos se comportan como un Ruido Blanco es verdad que existe una barra que sobrepasa los niveles de confianza, para ello es necesario realizar el test Ljung-Box/Pormanteau que mantiene como hipótesis  $H_0$ : *Ruido blanco* y  $H_1$ : *No son ruido blanco*, se grafica los valores  $p$  del test y se muestra que todos los valores son mayores a 0.05 y por tanto no rechazo  $H_0$ , y tenemos ruido blanco en los residuos.

Gráfico No 21. **Modelo Depósitos monetarios SARIMA (2,1,2) (2,0,1) [12]**



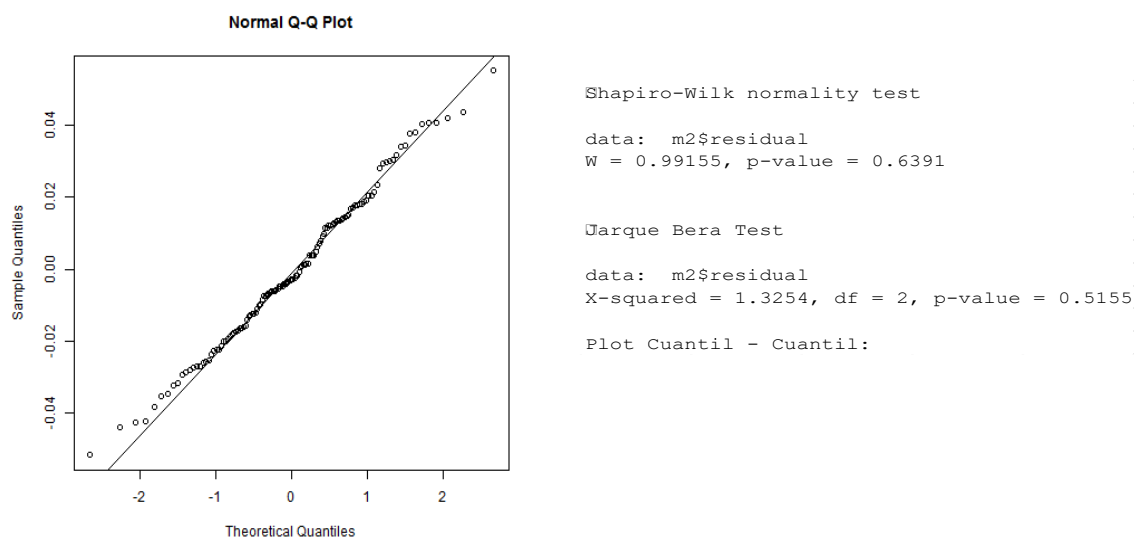
Fuente: El autor

Con el Ruido Blanco en los residuos no tenemos autocorrelación. Ahora se valida un supuesto de normalidad de los residuos y se aplica los test de Jarque Bera y Shapiro-Wilk, ambos tienen como hipótesis:

$H_0 : \mathcal{E}t$  Se aproxima a una distribución normal

$H_1 : \mathcal{E}t$  No se aproxima a una distribución normal

Gráfico No 22. **Cuantiles, Test Jarque Bera y Shapiro-Wilk**



Elaboración propia

El gráfico de cuantiles de la gráfica 22 se muestra que los residuos se apegan a los cuantiles teóricos de una distribución normal pero con colas alargadas, para evitar determinar de forma visual que existe normalidad se confirma con los resultados de los test realizados y muestran claramente una distribución es normal dado que los valores  $p$  Jarque Bera = 0.52 y Shapiro-Wilk = 0.64 son menores a 0.05 (nivel de significancia), por tanto No se rechaza la hipótesis nula y el modelo si mantiene una distribución que se aproxima a una normal en los residuos.

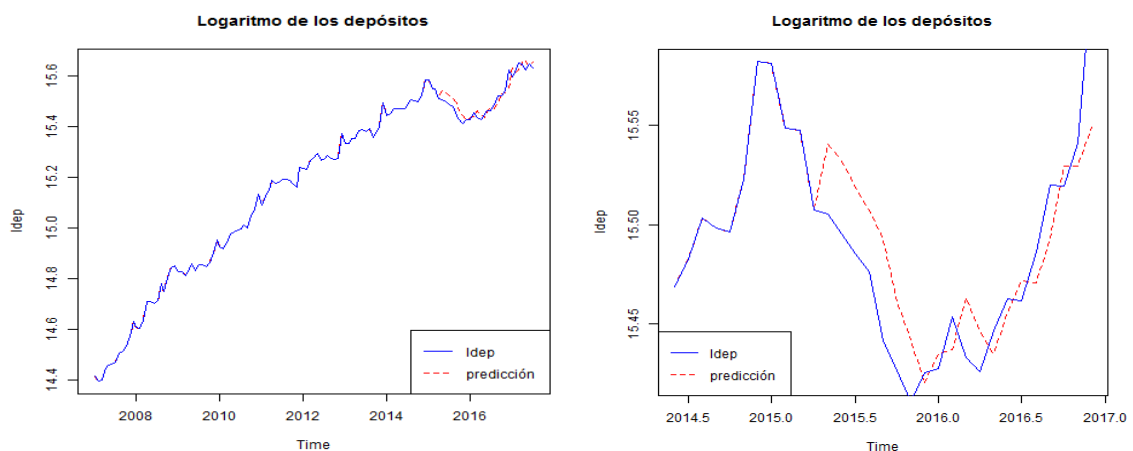
#### 1.2.3.4 Predicción de Depósitos monetarios bajo Modelo SARIMA (p, d, q)(P,D,Q)s

Se validaron las pruebas de bondad de ajuste del modelo y es momento de realizar un forecast con el modelo SARIMA para determinar la capacidad de predecir observaciones.

Se vuelve a tomar el 80 % de las observaciones de la serie de depósitos monetarios y se realiza una predicción paso a paso para estimar el 20% de la serie restante y mirar cómo se adapta las predicciones a los valores reales de la serie, nuevamente estamos entrenando el modelo para la proyección definitiva desde agosto 2017.

En la Grafico 23 se puede ver la serie original de Depósitos monetarios junto con el Forecast y también un zoom del 20% de la data original vs su Forecast, como resultado se puede ver que el modelo se ajusta a los datos originales.

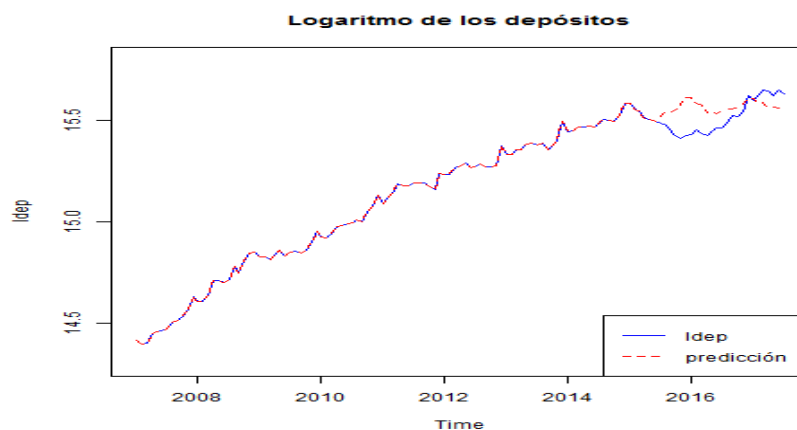
Gráfico No 23. **Forecast One step Modelo SARIMA.**  
**Variable Logaritmo Depósitos monetarios 2007-2017**



Elaboración propia

Ahora se valida un forecast ya no paso a paso sino 24 pasos, que equivalen al 20% de la data, para poder validar si el modelo se ajusta razonablemente. En el gráfico 24 podemos ver que al igual que en el caso del modelo ARIMA la proyección del modelo discrepa en el periodo 2015 por la ruptura que existe en tendencia, pero considerando la historia de la serie recoge el comportamiento tendencial y estacional.

Gráfico No 24. **Forecast Modelo SARIMA**



Elaboración propia

### 1.2.3.5 Construcción de Modelo GARCH (p, q)

Se realiza también un modelo GARCH que trata de modelar una serie de tiempo si es que existe un problema de estabilidad de la varianza, cabe mencionar que la serie estaba estabilizada al aplicar logaritmos y realizar la primera y doceava diferencia, y no existe un problema de varianza, sin embargo, se corre el modelo para esta serie y entrega resultados nada aceptables, los mismos se puede ver en los anexos.

## 2. Modelo Multifactor

El modelo VAR (Vector autoregresivo) se usa cuando se desea caracterizar interacciones simultaneas entre varias variables, es decir forma un sistema de ecuaciones que tienen un sentido económico para describir las relaciones entre ellas. Las hipótesis básicas del modelo son como las usadas por un modelo uniecuacional, entonces debería existir Homocedasticidad y ausencia de Auto correlación, por tanto, este modelo VAR es el indicado para modelar series de tiempo estacionarias.

El modelo usa variables tanto endógenas y su pasado como variables autoregresivas para explicar su comportamiento. En función de la Teoría Económica se

han seleccionado, en un principio, para explicar la variable Depósitos monetarios las siguientes variables económicas: *PIB Nominal, Transferencias Corrientes, Balanza de Servicios, Balanza de Renta, RILD, Inflación, Deuda Pública Interna, Balanza Comercial No Petrolera, Balanza Comercial Petrolera, Exportaciones No Petroleras, Exportaciones Petroleras, Importaciones Petroleras, Importaciones No Petroleras*.

La data de las variables se las extrae del Banco Central del Ecuador y por su frecuencia de publicación se tiene variables trimestrales y mensuales, esto genera un problema al momento de generar el modelo VAR, es por ello que se necesita realizar una transformación de las variables trimestrales para obtener datos mensuales puesto que la variable Depósitos monetarios, que se busca explicar, está en ese nivel de datos. Entonces, para transformarla usamos la herramienta Cubic Spline<sup>7</sup>. Esta herramienta permite interpolar dos puntos y obtener x punto entre los dos valores originales, la ventaja es que el punto que arroja no está dado de forma lineal si no que guarda la forma de la curva total de todas las observaciones. Es importante mencionar que no es lo óptimo realizar este procedimiento, pero es una herramienta para construir el modelo VAR.

Una vez que ya se tiene las variables en observaciones mensuales se procede a realizar una matriz de correlaciones para poder determinar que variables se pueden excluir para el modelo, esto se lo realiza para evitar usar variables que puede ser redundantes.

Dada la matriz de correlaciones se excluyen las variables: *Balanza Comercial No Petrolera, Balanza Comercial Petrolera, Exportaciones No Petroleras, Exportaciones Petroleras, Importaciones Petroleras, Importaciones No Petroleras*, en un principio se trató de desagregar las variables para validar si una de ellas tiene mayor impacto frente a la variable Depósitos monetarios pero no se obtuvo resultado favorable, por tanto se procedió con la eliminación de las mismas que se encuentran explicadas por la variable *PIB Nominal*.

Se tiene entonces las siguientes variables: *PIB Nominal, Transferencias Corrientes, Balanza de Servicios, Balanza de Renta, RILD, Inflación, Deuda Pública Interna*, con las cuales se corre la función *var.select* en el software R. esta función permite determinar cuáles son las variables que tienen un mayor poder predictivo frente a la variable Depósitos monetarios y las que se debe considerar para el modelo, el resultado

---

<sup>7</sup> Cubic Spline: fue desarrollada por Isaac Jacob Schoenberg (1903-1990) y es una interpolación mediante splines (funciones para realizar interpolación) que permiten obtener datos que se ajustan a la curva, se usa un spline para aproximar formas complicadas suavizando valores en la curva.

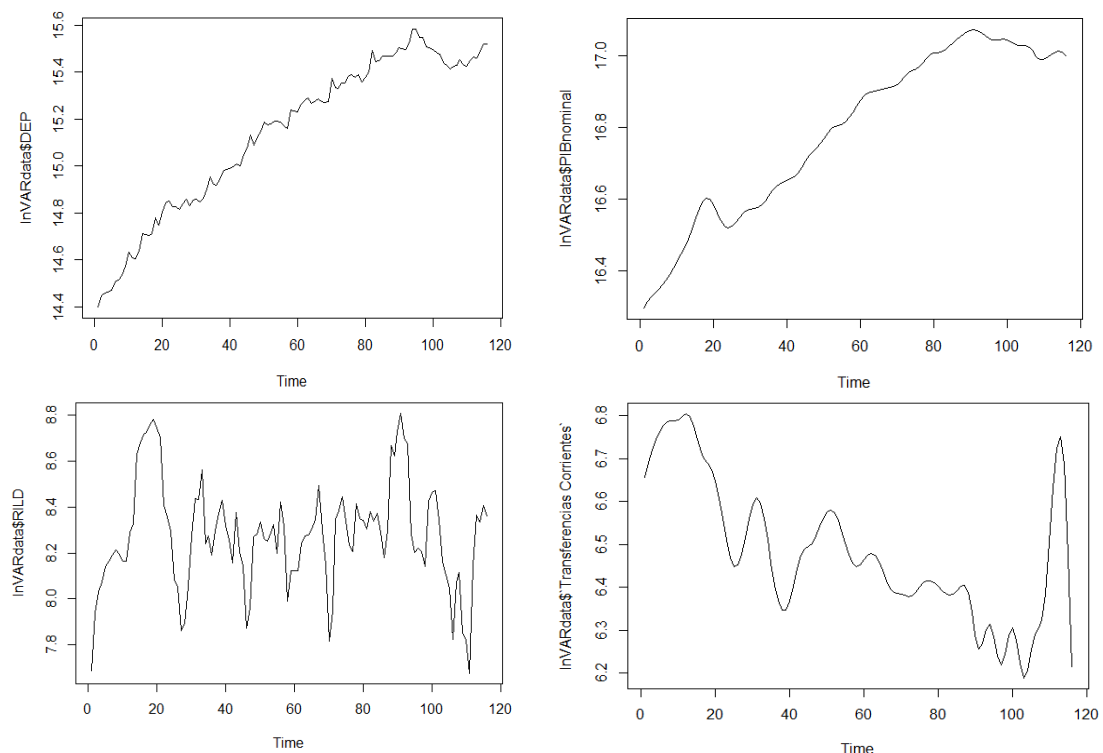
de la función nos entrega las variables finales: *PIB Nominal*, *Transferencias Corrientes* y *RILD*.

Con las variables seleccionadas aplicamos logaritmo a las mismas para estabilizarlas en varianza, una vez realizado esto procedimiento el primer paso es determinar el número de retardo que se van a incluir en el VAR.

## 2.1 Validación de las Estacionariedad de las variables

Antes de correr el Modelo VAR es necesario que las variables que van a ingresar sean estacionarias, y para ello se realiza los gráficos de las variables donde se valida que las mismas no son estacionarias (Gráfico 25) y por ello es necesario aplicar la primera diferencia para volverlas estacionarias.

Gráfico No 25. Series para modelo VAR



Elaboración propia

Una vez realizada la primera diferencia se corre la prueba de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado para validar que ya serie es estacionaria y se tienen los *p*-valores de 7.42, 5.32, 7.53 y 8.67 para las variables *Depósitos monetarios*, *PIB Nominal*, *Transferencias Corrientes* y *RILD* respectivamente (Gráfico 26).

Gráfico No 26. **Pruebas de Estacionariedad para modelo VAR**

Depósitos	PIB
value of test-statistic is: -7.428	value of test-statistic is: -5.3277
Critical values for test statistics:	Critical values for test statistics:
1pct 5pct 10pct	1pct 5pct 10pct
tau1 -2.58 -1.95 -1.62	tau1 -2.58 -1.95 -1.62
RILD	Trasferencias Corrientes
value of test-statistic is: -7.5354	value of test-statistic is: -8.6725
Critical values for test statistics:	Critical values for test statistics:
1pct 5pct 10pct	1pct 5pct 10pct
tau1 -2.58 -1.95 -1.62	tau1 -2.58 -1.95 -1.62

Elaboración propia

### 2.1.1 Identificación del número de Retardos

Volvemos a utilizar la función VARselect que nos permite determinar el número de retardos de las variables que se van incluir en el Modelo VAR, para cada longitud de rezago, gráfico 27, se tiene el Criterio de información de Akaike (AIC), Criterio de información de Hannan y Quinn (HQ), el criterio información bayesiana de Schwarz (SC) y el error de predicción final de Akaike (FPE). Los cuatro criterios de información se basan en la teoría de la información y se supone que indican la información relativa perdida cuando los datos se ajustan usando diferentes especificaciones. La longitud de rezago que produce el valor mínimo del estadístico de la información es la especificación elegida, para este caso tenemos 4 rezagos y con ellos también cumplimos el principio de parsimonia, es decir, que la solución más simple suele ser la mejor.

Gráfico No 27. **Criterios de selección de Rezagos**

AIC (n)	HQ (n)	SC (n)	FPE (n)
12	4	4	12

Elaboración propia

### 2.1.2 Estimación del Modelo VAR

Con el número de rezagos definido el siguiente paso es estimar el modelo VAR simple reducida (sin variables exógenas), para ello se usa la función VAR con 4 rezagos y nos arroja 16 coeficientes es decir cuatro variables con cuatro rezagos (Gráfico 28) los mismo que en su mayoría son menores que uno y eso nos indica que satisfacen la condición de estabilidad.



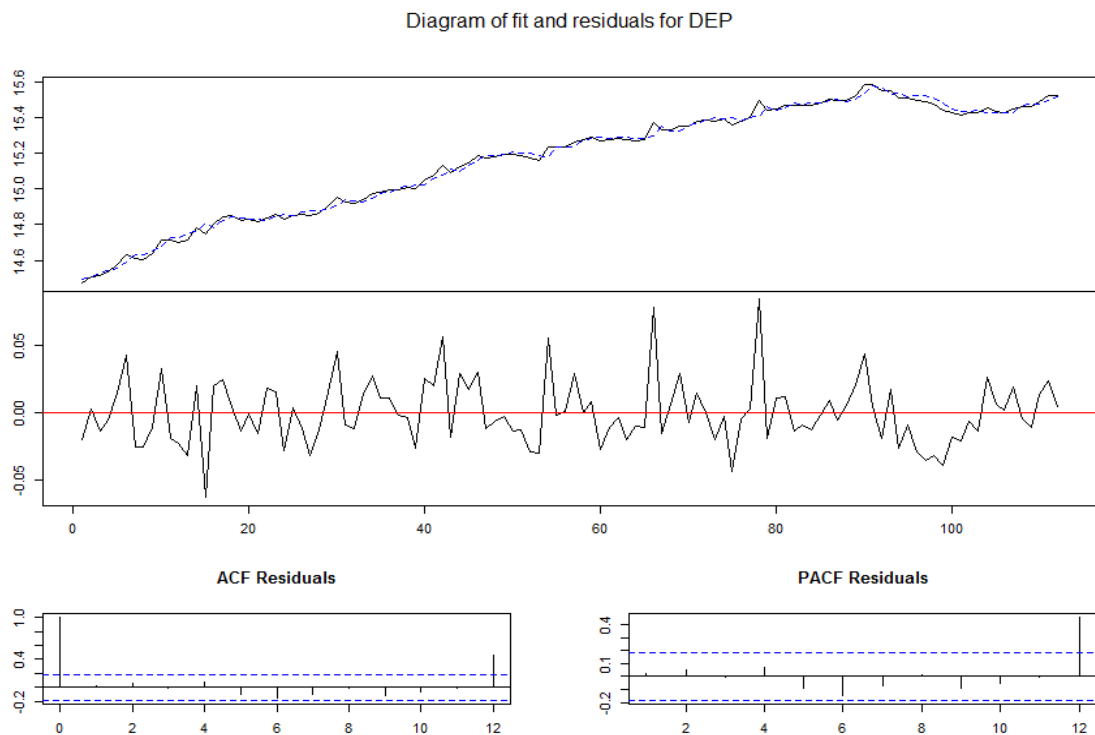
### Gráfico No 28. Criterios de selección de Rezagos

```
VAR Estimation Results:
=====
Endogenous variables: DEP, PIBnominal, RILD, Transferencias.Corrientes
Deterministic variables: both
Sample size: 112
Log Likelihood: 1231.199
Roots of the characteristic polynomial:
1.347 1.347 1.021 0.8596 0.8596 0.8405 0.8405 0.8191 0.8043 0.8043 0.5962 0.5962 0.4925 0.4925 0.4736 0.4736
Call:
VAR(y = lnVARdata, p = 4, type = c("both"))
```

Elaboración propia

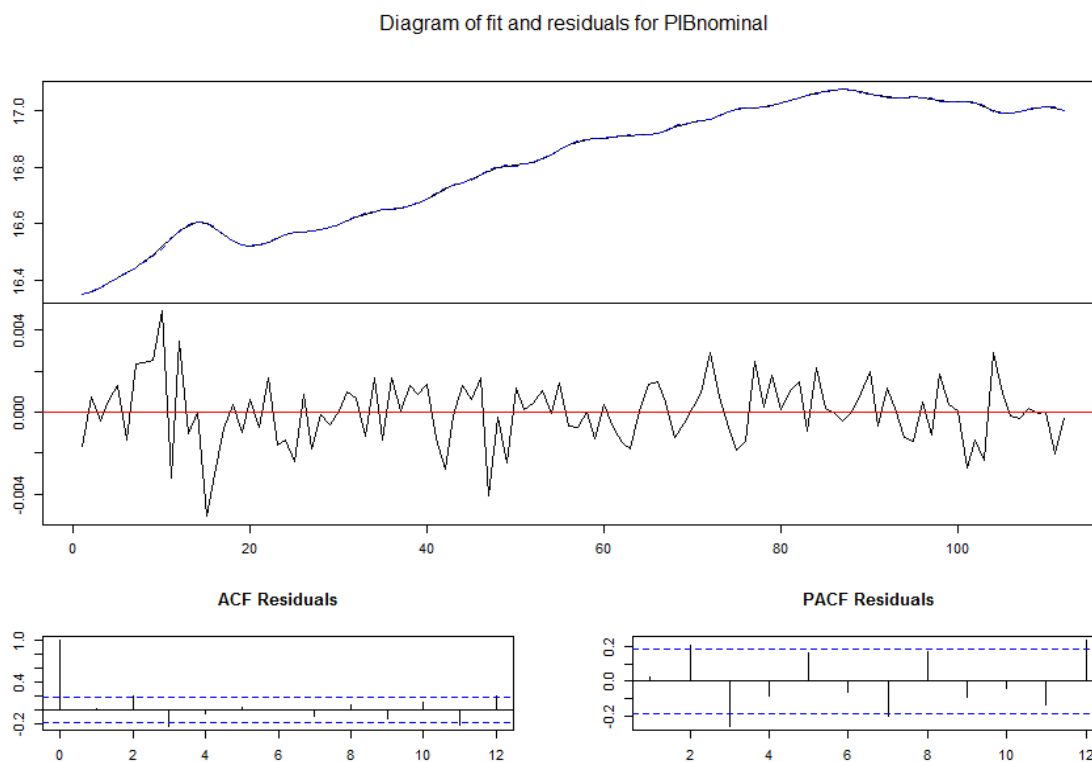
Se procede a obtener la comparación grafica de cada variable entre los valores reales contra los proyectados, también el comportamiento de los residuos junto con su FAS y FAP en cada variable (Gráficos 29-32).

### Gráfico No 29. Variable Depósitos monetarios Modelo VAR



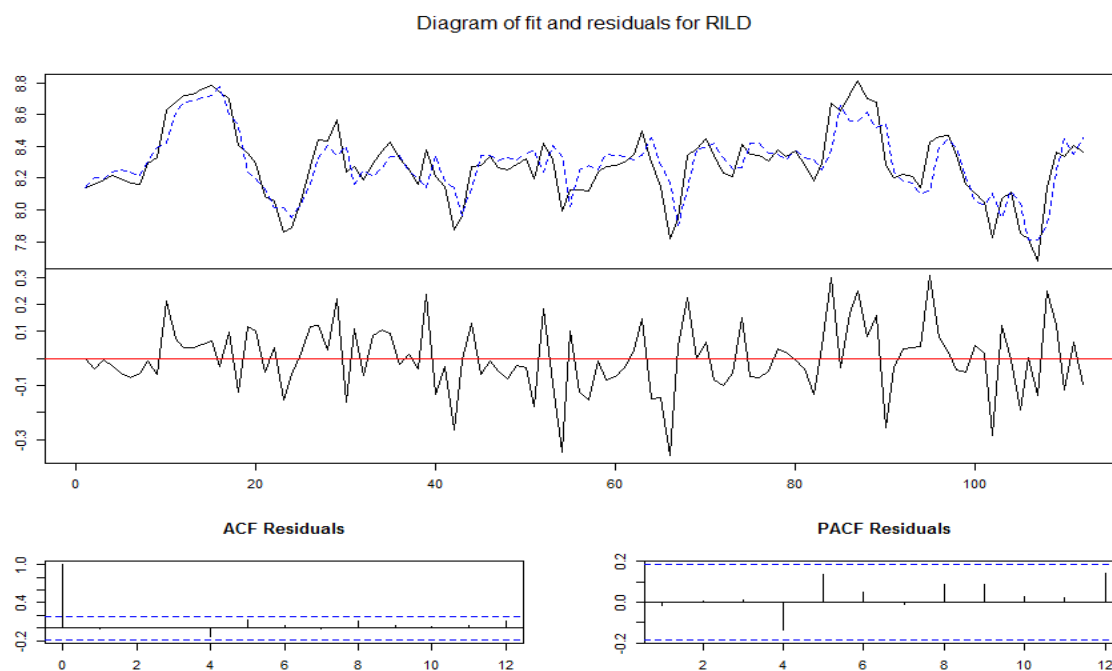
Elaboración propia

Gráfico No 30. **Variable PIB Nominal - Modelo VAR**



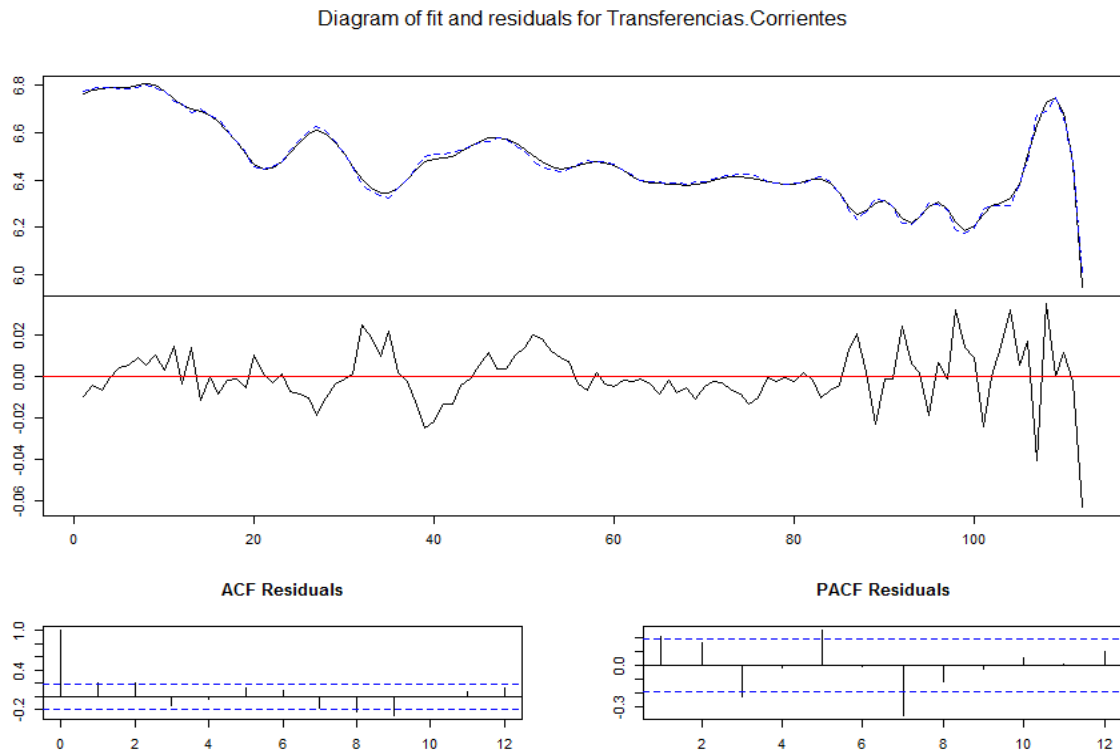
Elaboración propia

Gráfico No 31. **Variable RILD - Modelo VAR**



Fuente: El autor

Gráfico No 32. **Variable Transferencias Corrientes - Modelo VAR**



Elaboración propia

### 2.1.3 Forecast y entrenamiento del Modelo VAR

El siguiente paso en la construcción del modelo es entrenarlo para validar si se ajusta al comportamiento de la serie y se lo hace de la misma forma que con el modelo ARIMA y SARIMA en series de tiempo, se usa el 80% de la base y se proyecta el 20% este método se lo hace con el fin de tener 20% de datos que permita comparar entre reales y proyectados.

Para la proyección en el software R se usa la función *predict* que usa el modelo VAR con 4 rezagos que se creó para proyectar, dentro de esta función optamos por colocar que el modelo arroje el 20% de las observaciones restantes. En el gráfico 33 podemos ver el forecast obtenido y visualizamos que el modelo mantiene el comportamiento tendencial pero no recoge el comportamiento estacional de la serie histórico, adicional de la misma manera que indicó el modelo de series de tiempo existe una ruptura de la serie para el año 2015 que hace que los datos del modelo discrepen de los datos reales.

Gráfico No 33. Forecast Depósitos Monetarios- Modelo VAR



Elaboración propia

## Capítulo Tercero

### Selección de Modelo para Forecast 2017-2018

#### 1. Selección del Modelo de Serie de tiempo

Para la selección de modelo se tiene dos opciones a elegir. En el cuadro comparativo (Cuadro 3) se tiene indicadores y pruebas aplicadas tanto al modelo ARIMA como al SARIMA y con los cuales se puede tener un criterio más claro de elección.

Cuadro N° 3. Comparación de modelos Serie de Tiempo

	Parámetros	ARIMA		SARIMA	
		(2,1,2)		(2,1,2)(2,0,1)[12]	
		p-valor	Aprueba	p-valor	Aprueba
<b>Serie</b>	Estacionariedad				
	Phillips - Perron	-10.7961	SI	-10.7961	SI
	Augmented Dickey - Fuller	-6.8459	SI	-6.8459	SI
	Kpss	0.0981	SI	0.0981	SI
<b>Modelo</b>	AICc	-553.1	SI	-583.6	SI
	Significancia de coeficientes	> 0 > 1	SI	> 0 > 1	SI
	Autocorrelacion				
	Ruido Blanco en Correlograma de Residuos	NA	NO	NA	SI
	Normalidad				
	Grafico de cuantiles	Colas largas, ligera desviacion de distribucion Normal	SI	Se apega a la distribucion Normal	SI
	Shapiro-Wilk	0.019	NO	0.639	SI
	Jarque Bera	0.023	NO	0.515	SI
<b>Forecast</b>	Forecast One Step	Se ajusta correctamente		Se ajusta correctamente	
	Forecast 24 pasos	Se adapta a tendencia y no a estacionalidad		Se adapta a tendencia y a estacionalidad	

Elaboración propia

A partir de los resultados expuestos es claro que el modelo SARIMA por su ventaja de considerar el comportamiento estacional dentro de su estructura permite de forma consistente adaptarse a los datos históricos de la serie y con ello crear un forecast muy ajustado a la realidad a más de cumplir con todas las pruebas.

Para corroborar la selección del modelo se presenta los resultados obtenidos del 20% del forecast en el cuadro 4 donde se visualiza que el ajuste del modelo SARIMA es mejor que el del modelo ARIMA. Los datos predichos por el modelo SARIMA frente a los datos reales siempre son mejor que los del modelo ARIMA, exceptuando finales del 2015 debido a la ruptura que sufre la serie en ese año, existe un comportamiento atípico para el último trimestre del año 2015.

Como ya se analizó la serie mantiene comportamiento estacional en el mes de diciembre y por supuesto esto es normal en los depósitos monetarios, pues los clientes reciben ingresos extras en ese mes por concepto de bonos navideños y décimo tercer sueldo que ingresan en sus cuentas bancarias y esto genera incremento en los pasivos de los Bancos. Pero en el año 2015 existió un comportamiento atípico y el crecimiento esperado fue menor al real y por supuesto durante todo el año existió una caída pronunciada de los depósitos monetarios.

Para el año 2016 la serie empieza recuperar su comportamiento normal y es ahí cuando el modelo SARIMA gana poder predictivo pues la diferencia de ajuste frente al dato real disminuye notablemente inclusive en diciembre 2016 los datos reales crecieron más de lo proyectado.

Cuadro N° 4. Forecast comparativo modelos Serie de Tiempo

Fecha	ARIMA			SARIMA		
	Reales	Prediccion	Ajuste	Reales	Prediccion	Ajuste
Jul. 2015	5,312,102.02	5,493,574.64	181,472.62	5,312,102.02	5,463,419.79	151,317.77
Ago. 2015	5,264,006.23	5,583,701.98	319,695.75	5,264,006.23	5,612,226.49	348,220.26
Sept. 2015	5,084,012.00	5,645,204.14	561,192.13	5,084,012.00	5,618,623.61	534,611.61
Oct. 2015	5,008,324.01	5,707,383.72	699,059.71	5,008,324.01	5,655,983.65	647,659.65
Nov. 2015	4,930,567.44	5,770,248.18	839,680.74	4,930,567.44	5,795,919.29	865,351.85
Dic. 2015	5,003,322.47	5,833,805.07	830,482.60	5,003,322.47	6,007,904.06	1,004,581.59
Ene. 2016	5,012,601.94	5,898,062.02	885,460.08	5,012,601.94	6,020,110.54	1,007,508.60
Feb. 2016	5,144,764.75	5,963,026.72	818,261.97	5,144,764.75	5,866,393.62	721,628.87
Mar. 2016	5,039,633.49	6,028,706.99	989,073.50	5,039,633.49	5,800,129.12	760,495.63
Abr. 2016	5,004,169.67	6,095,110.70	1,090,941.03	5,004,169.67	5,578,374.03	574,204.36
May. 2016	5,108,707.90	6,162,245.81	1,053,537.92	5,108,707.90	5,589,515.46	480,807.57
Jun. 2016	5,191,666.81	6,230,120.40	1,038,453.58	5,191,666.81	5,562,474.99	370,808.18
Jul. 2016	5,187,256.28	6,298,742.59	1,111,486.31	5,187,256.28	5,631,199.15	443,942.87
Ago. 2016	5,316,426.83	6,368,120.62	1,051,693.79	5,316,426.83	5,705,691.20	389,264.37
Sept. 2016	5,498,933.40	6,438,262.83	939,329.43	5,498,933.40	5,706,129.66	207,196.26
Oct. 2016	5,494,771.72	6,509,177.63	1,014,405.91	5,494,771.72	5,710,610.14	215,838.42
Nov. 2016	5,616,169.25	6,580,873.52	964,704.27	5,616,169.25	5,804,034.79	187,865.55
Dic. 2016	6,079,656.06	6,653,359.11	573,703.05	6,079,656.06	5,990,640.88	(89,015.18)
Ene. 2017	5,928,711.07	6,726,643.10	797,932.03	5,928,711.07	5,995,016.45	66,305.38
Feb. 2017	6,039,063.18	6,800,734.29	761,671.10	6,039,063.18	5,892,721.54	(146,341.65)
Mar. 2017	6,252,111.21	6,875,641.55	623,530.35	6,252,111.21	5,885,467.74	(366,643.46)
Abr. 2017	6,219,882.06	6,951,373.89	731,491.83	6,219,882.06	5,756,584.37	(463,297.69)
May. 2017	6,082,192.07	7,027,940.39	945,748.32	6,082,192.07	5,755,247.85	(326,944.22)
Jun. 2017	6,235,911.01	7,105,350.24	869,439.23	6,235,911.01	5,727,864.61	(508,046.40)
Jul. 2017	6,127,566.35	7,183,612.73	1,056,046.38	6,127,566.35	5,785,327.64	(342,238.71)

Elaboración propia

Hay que mencionar en el año 2017 existe diferencia hacia debajo de los datos proyectado frente a los reales y esto se debe nuevamente a la ruptura del 2015 pues el modelo incluye los datos de este año y amenora el crecimiento en la proyección. Sin embargo, el modelo predice bien y a medida que se incremente los datos observados la diferencia entre los datos reales y proyectados será menor.

## **2. Selección del Modelo para Forecast 2018**

En el presente estudio se usaron dos metodologías diferentes para entrenar un modelo y determinar cómo se ajusta a datos reales, por un lado, un SARIMA y por otro un modelo VAR. La elección del modelo se va a enfocar en dos criterios de predicción:

- MAPE que es el promedio del error absoluto medio de predicción, se lo encuentra como porcentaje y mide el porcentaje de variación del dato pronosticado frente a datos reales a lo largo de todo el período evaluado.
- RSS que es la raíz del error cuadrático medio.

Para el modelo SARIMA (2,1,2) (2,0,1) [12] se tiene un valor MAPE de 8.5% de error medio en el forecast en toda la serie estudiada, eso significa un excelente ajuste dado que el promedio del MAPE en series financieras está situado en el 8% al 10%, para este modelo tenemos un RSS de 0.22. Con respecto al modelo VAR obtenemos un MAPE del 20% y un RSS del 0.91. Con lo expuesto se nota que entre los modelos obtenidos SARIMA y VAR el mejor ajuste lo tiene el modelo de serie de tiempo, por tanto, este será el modelo con el que haremos un forecast para el 2018, es decir 12 observaciones adicionales a la última registrada en depósitos monetarios Julio 2017.

Cuadro N° 5. Comparación de modelos Serie de Tiempo y VAR

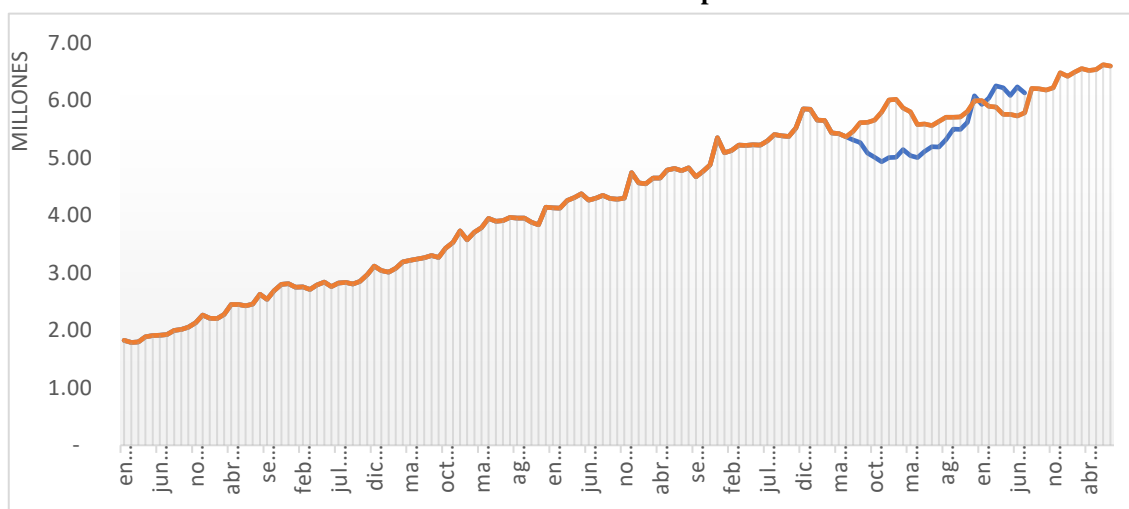
	Parámetros	VAR		SARIMA	
		<i>p</i> -valor	Aprueba	(2,1,2)(2,0,1)[12] <i>p</i> -valor	Aprueba
<b>Serie</b>	Estacionariedad		SI		SI
<b>Modelo</b>	Significancia de coeficientes	> 0 > 1	SI	> 0 > 1	SI
	Ruido Blanco en Correlograma de Residuos	NA	SI	NA	SI
<b>Forecast</b>	Forecast One Step	Se ajusta correctamente		Se ajusta correctamente	
	Forecast 24 pasos	Se adapta a tendencia y no a estacionalidad		Se adapta a tendencia y a estacionalidad	
	MAPE	20%		8.50%	
	RSS	0.91		0.22	

Elaboración propia

### 3. Forecast 2018 y herramienta R

Para generar la proyección de la serie en estudio se va a usar el modelo SARIMA (2,1,2) (2,0,1) [12] en el software R con la función forecast donde se ingresa 12 puntos hacia adelante a partir de Julio 2017 para obtener datos hasta Julio 2018. En el Gráfico 34 podemos visualizar que el modelo se ajusta en el dato Julio 2017 y empieza mantener la tendencia y estacionalidad de la serie histórica que recoge el modelo. Esto se puede corroborar en los valores generados que se presenta en el cuadro 6 que recoge el comportamiento estacional en diciembre 2017.

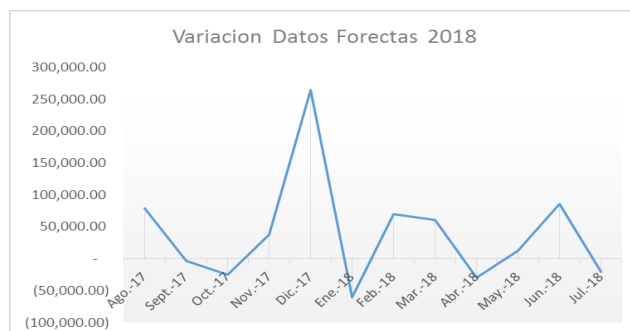
Gráfico No 34. Forecast 2018 variable Depósitos monetarios



Elaboración propia



**Cuadro N° 6. Variación datos Forecast 2018**



Fecha	Valor Proyectado	Movimeinto
Jul-17	6,127,566.35	
Ago-17	6,206,163.75	78,597.40
Sept-17	6,203,397.00	(2,766.75)
Oct-17	6,178,821.13	(24,575.87)
Nov-17	6,216,974.50	38,153.37
Dic-17	6,480,750.42	263,775.93
Ene-18	6,419,767.22	(60,983.21)
Feb-18	6,489,636.89	69,869.67
Mar-18	6,550,601.76	60,964.87
Abr-18	6,520,948.73	(29,653.04)
May-18	6,533,365.31	12,416.59
Jun-18	6,619,627.07	86,261.76
Jul-18	6,599,175.22	(20,451.85)

Elaboración propia

El presente estudio ha sido desarrollado en el software R que es una herramienta de programación y gestión de datos, principalmente una herramienta estadística, por tanto, durante el análisis de los modelos se creó una programación del 650 líneas, que permite analizar la serie de Depósitos monetarios de forma automática y reprocesa los modelos ARIMA, SARIMA, GARCH y VAR cuando se incluye un dato real adicional, esto permite reestimar el modelo y arrojar datos ajustados a la observación añadida.

De forma adicional el análisis en R de la serie de depósitos monetarios, arroja resultados en un documento .xlsx que incluye una pestaña por cada modelo con sus respectivos gráficos y detalle de las pruebas de estacionariedad , resultados de la estimación de los modelos, modelos analizados internamente por la función *auto.arima*, mejor modelo, validación de coeficientes, análisis de los residuos, pruebas de normalidad, predicción One step y entrenamiento del modelo, y para el Modelo SARIMA el forecast de 12 puntos adicionales a partir del último dato real ingresado en la serie.

La ventaja de contar con la herramienta es que nos evita realizar nuevamente un análisis desde cero y el tiempo de análisis se reduce a 10 minutos en la primera corrida debido a la instalación de librerías y de 3 a 5 minutos en cada reproceso adicional.

En el Anexo 1 se tiene un diagrama de flujo de la programación realizada.

#### **4. Utilidad de Modelos de Depósitos monetarios para un Banco Privado**

La importancia de los depósitos monetarios cada día es mayor para un banco, considerando que con ellos, sus clientes bancarios, pueden sacar una rentabilidad extra a su dinero, en lugar de tenerlo inactivo en una cuenta a la vista o debajo del colchón ya que existe una pérdida de valor día a día. La forma ideal para obtener rentabilidad del dinero en forma segura, es mantener el dinero que no necesita de forma inmediata en algún producto financiero que genere intereses, por tanto, es claro que los clientes tienen una estrategia financiera en la que pueden distribuir su dinero entre dos tipos de productos: uno de inversión (renta variable y renta fija) y otro de ahorro, entre los cuales el más seguro es el depósito monetario.

El banco privado tiene como principio fundamental el guardar el dinero captado de sus clientes, se puede decir, que el banco recibe un pequeño préstamo por parte de sus clientes y por ello el banco les paga una rentabilidad. Los clientes entregan sus recursos monetarios a un banco basándose principalmente en un concepto de confianza.

La confianza que genera un banco en sus clientes permite un desarrollo sostenible del mismo ya que cuenta con recursos estables para generar intermediación financiera. Mencionada confianza esta intrínsecamente ligada a la seguridad que proporciona el banco.

El concepto de seguridad es percibido por los clientes en función de su aversión al riesgo, por tanto, activos financieros más seguros ofrecen una rentabilidad que suele ser algo más baja en comparación a la rentabilidad que pueden llegar a ofrecer los productos de renta variable y algunos de renta fija, esta condición se da pues los activos con alta rentabilidad suponen un riesgo mayor. En cambio, los depósitos monetarios y bonos del tesoro de EEUU son las formas más seguras de ahorro, pues garantizan a los clientes un riesgo más bajo o cero respectivamente.

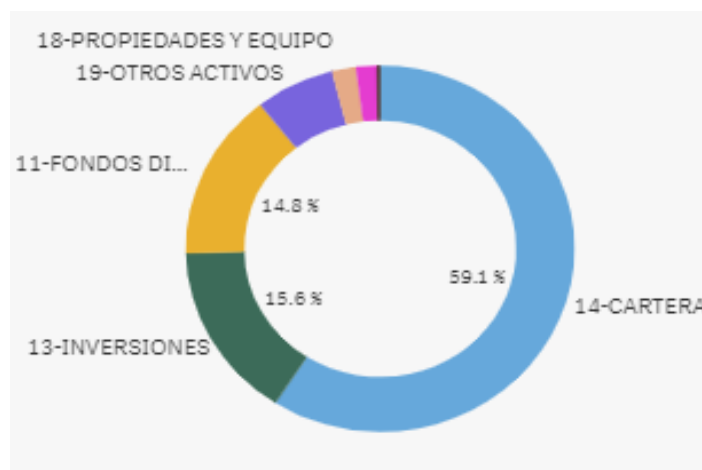
Como se pudo entender en el capítulo 1, en el numeral 1.4 la composición de los depósitos del sistema financiero nos da una visión global de que aun cuando existe una

rentabilidad de por medio, los depósitos monetarios son un 66% del total de depósitos, es decir, los clientes de bancos manejan necesidades de liquidez que son más importante que obtener una rentabilidad, por tanto los depósitos monetarios se constituyen en una importante variable a considerar en la estrategia de liquidez de todo banco.

Considerando que los depósitos monetarios son exigibles cuando un cliente así lo requiera, en condiciones económicas normales existe un comportamiento regular de los depósitos financieros y un banco puede manejar menores indicadores y posiciones de liquidez para poder responder a las demandas de dinero por parte de sus clientes en el corto plazo. Un banco maneja su disponibilidad de liquidez en dos grandes cuentas, Fondos Disponibles e Inversiones. El banco en estudio maneja una composición a corte Julio 2017 de Fondos disponibles por USD. 1,518 millones, Inversiones por USD 1,593 millones y Depósitos monetarios por USD 6,127 millones, es decir que, en grandes números y sin considerar y distinguir el vencimiento de inversiones en el corto y largo plazo, el banco en estudio mantiene USD 0.50 para responder una demanda de USD 1.00 por parte de los clientes.

En el gráfico 35 se puede observar la composición del total de los activos del banco en estudio, es decir cómo se distribuyen los recursos obtenidos por parte de los clientes y por parte de los accionistas, podemos observar que la liquidez del banco que se compone de Fondos disponibles e Inversiones representan un 30,4% del total de los activos.

Gráfico No 35. Composición de Activos Banco en Estudio Julio 2017



Fuente: DATALAB, ASOBANCA, Superintendencia de Bancos

La liquidez se puede definir como la facilidad que tiene un banco para convertir sus activos en dinero efectivo de forma inmediata sin sufrir ninguna pérdida de valor. Por ende, si existe mayor facilidad de convertir un activo en dinero significa que se tiene mayor liquidez.

Este nivel de liquidez que el banco en estudio maneja a Julio 2017, a simple vista sería insuficiente, pues, si todos los clientes del banco retiran sus depósitos en cuentas de ahorros y corrientes, el banco no podría responder con sus niveles actuales de liquidez y tendría que recurrir a otras fuentes de fondeo y liquidez, ya sea solicitando créditos a organismos multilaterales, operaciones interbancarias, emisión de acciones, venta de cartera, etc sin embargo estas acciones requieren tiempo y los clientes solicitan sus recursos de forma inmediata. A este retiro masivo de depósitos se conoce como Corrida Bancaria o pánico bancario.

Una corrida bancaria se realiza en un corto espacio de tiempo y es la respuesta a un estímulo de temor o incertidumbre por parte de los clientes de quedarse sin sus recursos en el futuro, y generada por rumores o noticias fundamentadas de insolvencia de los bancos, percepción de crisis financieras, cambios en políticas económicas, creación de impuestos o tasas por parte de los bancos. Cuando la corrida bancaria está en marcha se desencadena una crisis de liquidez, pues mientras más clientes retiran sus depósitos monetarios, la probabilidad de impago por parte del banco se incrementa y esto estimula mayores retiradas de depósitos monetarios y como última consecuencia genera la intervención del banco y la bancarrota.

Los clientes, como parte de su estrategia de liquidez y de percepción del riesgo, no suelen mantener todos sus recursos concentrados en un solo banco, sino, distribuyen su dinero en dos o más bancos y en dos o más productos financieros. Con este comportamiento de los clientes de bancos, cuando ocurre una corrida bancaria surge necesariamente el efecto contagio, pues, si un banco tiene problemas de liquidez y no puede responder a las demandas de efectivo, los clientes recurren a una recuperación de todos sus recursos en el sistema financiero y otros bancos sienten la fuerte demanda de recursos, con ello más bancos caen en problemas de liquidez causando una recesión.

Por tanto, para evitar problemas de liquidez, una institución financiera, en este caso un banco privado, tiene la necesidad de comprender el comportamiento global del negocio de intermediación, y una de las variables importantes, es claro, la fuente de

fondeo y específicamente los depósitos monetarios, pues esta proporciona los recursos necesarios para la colocación de cartera de donde se establece la rentabilidad del negocio. Adicional sin la comprensión de los depósitos monetarios se camina con los ojos cerrados, pues se puede cometer errores al colocar cartera cuando el comportamiento de los depósitos establece que no se debería cometer esta imprudencia y genera un descalce entre activas y pasivas, generando un riesgo de liquidez.

El grado de importancia que tiene la estructuración de modelos de series de tiempo o VAR para la estimación de depósitos es alta, pues permite al banco determinar el valor aproximado de la variación mensual de esta variable y puede, a partir de ellos, establecer presupuestos para la colocación de cartera y obtener rentabilidad, ingresos y gastos en el negocio, estructuración de estrategia de niveles de liquidez en el corto y largo plazo, portafolio de inversiones y probabilidades de recuperación de esas inversiones a través de mercado de valores, política de tasas para captaciones de fondos a plazo en función de la rentabilidad del cliente aun en contra de la rentabilidad propia del banco, etc.

Normativamente, también se obtienen beneficios, la ventaja de determinar el comportamiento de los depósitos monetarios, como ya se dijo, permite al banco establecer una estrategia de los niveles adecuados de liquidez y con esto ajustarse a los requerimientos y controles normativos establecidos por la Superintendencia de Bancos del Ecuador y Banco Central del Ecuador como:

- **Reservas Mínimas de Liquidez:** Las Instituciones Financieras deberán mantener reservas mínimas de liquidez promedio, durante el período bisemanal siguiente a la fecha en que el Banco Central del Ecuador establezca su requerimiento que es calculado en base a las captaciones de cada banco. Por período bisemanal se entenderá el lapso de catorce días consecutivos que va de jueves a miércoles, incluyendo los días no laborables (Banco Central de Ecuador 2017).
- **Coeficiente de Liquidez Domestica:** El Coeficiente de Liquidez Doméstica (CLD) de cada institución financiera se calculará en base a la información correspondiente a cada día del período que va de jueves a miércoles incluido feriados y fines de semana de la bisemana que se debe reportar. Para el cálculo del Coeficiente de Liquidez Doméstica (CLD) se

consideran todos los activos que estén domiciliados en Ecuador, y debe ser el 60% del total de los activos (Banco Central de Ecuador 2017).

- GAP: Brechas de Liquidez, mide el riesgo de liquidez en un banco o empresa dentro de un determinado periodo de tiempo midiendo el nivel de activos y pasivos según su maduración. evitando generar incumplimientos y crear descalces en el corto plazo (Banco Central de Ecuador 2017).

El banco cuando ya ha establecido un presupuesto, en función de los depósitos totales que incluyen a los monetarios, tiene un punto de partida pues con ayuda de otras herramientas de proyección, crea un escenario meta, y a través de la sinergia de todas las áreas tanto de soporte como de negocio, al lograr alcanzarlo crea una ventaja de establecer a priori indicadores de liquidez, rentabilidad, morosidad y solvencia que serán cumplidos, es decir, permite establecer un panorama idóneo que certifica cumplir con las necesidades de los clientes y organismos de control, satisfacer la rentabilidad de los accionistas y obtener una calificación adecuada por parte de Calificadoras de Riesgo.

Determinar la estacionalidad de los depósitos monetarios le permite al banco generar indicadores semáforo para establecer límites prudenciales de liquidez mensuales y diarios. La gestión de la liquidez mejora con un conocimiento claro de los ciclos que tiene la variable depósitos monetarios, pues, se puede atacar dos frentes: el uno es la rentabilidad a través de la colocación de inversiones cuando la liquidez es mayor y el otro es mejorar indicadores de liquidez a través de políticas de recuperación de inversiones cuando la liquidez baja, además se tiene un control sobre la morosidad al incrementar la colocación de cartera o incrementar la recuperación de deuda morosa en tiempos de abundante liquidez en el mercado.

Es decir que la gestión de pasivas y específicamente de los depósitos monetarios, es prioritaria pues genera una serie de beneficios a un banco; por tanto, el aporte que genera el presente estudio es alto a nivel de planificación de Tesorería, Finanzas y Riesgo de Liquidez que son procesos gobernantes en toda Institución Financiera.

## **Capítulo Cuarto**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

#### **Conclusiones**

- En líneas generales se puede concluir que se ha cumplido con la hipótesis planteada en el presente estudio, ya que considerando la diferencia de metodologías de construcción de modelos de Series de Tiempo y Multivariantes VAR tradicionales revisadas durante el desarrollo de los modelos finales, se tiene resultados similares cuando se trabaja un forecast one step, pues cada observación añadida recoge consideraciones de tendencia y estacionalidad propios de la serie en estudio. Pero los resultados no son iguales pues al considerar estacionalidad, significancia de coeficientes, ruido blanco de los residuos, forecast 24 pasos, y los resultados de MAPE 20% y 8,5% y RSS 0.91 y 0.22 hacen notar que los modelos difieren.
- Los depósitos monetarios para un banco son la fuente principal del fondeo, esto se comprueba analizando la información de bancos del Ecuador, del total de los pasivos, los depósitos monetarios representan un 66,2%, y dentro del banco en estudio son el 72% del total de los depósitos, por tanto, la construcción de los modelos del presente trabajo permite la gestión de la fuente principal de fondeo de un banco.
- La gestión del riesgo de liquidez de un banco está centrado en el estudio de los depósitos monetarios, los clientes al entregar su dinero al banco tienen el derecho de retirar sus recursos cuando así lo requiera, por tanto el estudiar el comportamiento de la serie en estudio, le genera al banco la facilidad de determinar sus niveles de liquidez en el corto y largo plazo en función de la demanda de pasivas, y obtener rentabilidad por estructurar la colocación de inversiones con gavetas de vencimiento en función de la misma demanda de depósitos monetarios.
- El mejor modelo de series de tiempo, dentro de los analizados, para la serie de depósitos monetarios es un Modelo SARIMA bajo la metodología de Box-Jenkins, Esto se comprueba al determinar, por medio del test de autocorrelación

y normalidad, que los modelos ARIMA no cumplen dichos supuestos, al no considerar el efecto estacional de la serie y arrojando residuos que no son ruido blanco y p-valores no significativos. Por tanto, los modelos SARIMA alcanza un mayor poder predictivo que los modelos ARIMA con un MAPE del 8.5% contra un 14% del ARIMA.

- Los modelos VAR son modelos multivariantes que expresan cada variable como una función lineal de sus valores pasados y de los valores pasados de otras variables del modelo. Sin embargo, mantiene su base en la teoría económica que puede ser insuficiente y no recoger el comportamiento de la variable que se desea predecir. Por tanto, los modelos SARIMA, para predecir series financieras, son mejores que los VAR tradicional pues se considera el comportamiento estacional de la serie. De la misma forma bajo el criterio estacional los modelos GARCH para la serie de depósitos monetarios no aplican, porque al estabilizar la serie con logaritmos y diferencias existe homocedasticidad.
- Existe una ventaja al usar el software R en la generación de modelos econométricos, cuando se realiza el análisis de la serie con las funciones que están creadas internamente en el software, se genera una programación que se puede correr n veces para reprocesar el modelo de manera rápida, precisa y obtener el análisis efectuado en un documento exportado a Excel para visualizar los resultados de los test realizados.



## Recomendaciones

- Se recomienda aplicar el resultado del presente trabajo en el banco en estudio pues los resultados arrojan una proyección cercana a los datos reales, se generó una comparación entre los valores arrojados por el modelo y los valores reales en depósitos monetarios para los meses Julio, agosto, septiembre y octubre del 2017 y la diferencia más grande entre estos representa tan solo un 5% del valor real de los depósitos monetarios reales del mes.

Fecha	Valor Proyectado	Valor Real	Diferencia	%
jul-17	6,127,566.35	6,025,534.35	(102,032.00)	2%
ago-17	6,206,163.75	6,093,221.02	(112,942.73)	2%
sep-17	6,203,397.00	5,914,695.08	(288,701.92)	5%
oct-17	6,178,821.13	5,973,891.53	(204,929.59)	3%

- Se debe tener prudencia en definir como optimo un modelo SARIMA para la proyección de depósitos monetarios sobre un VAR tradicional, pues hay que considerar que son distintas técnicas de proyección de una variable, en su lugar no se deben excluir los resultados y adoptar una solo técnica, sino, contar con un grupo de análisis complementarios e incluso seguir desarrollando más modelos donde se puede hilar más fino para llegar a contar con mejores predicciones.
- Considerar que las series temporales son diferentes y existen rupturas o puntos de quiebre dentro de ellas que debe ser evaluados y que no siempre pueden ser proyectados, es así el caso del año 2015 de la serie depósitos monetarios. Es por ello que el análisis de tendencia y estacionalidad es importante en el desarrollo de modelos de series de tiempo, es recomendable validar que eventos afectaron a la serie, mediante el análisis de variables macroeconómicas, en esos puntos y determinar la validez de considerar esas observaciones dentro del modelo, pues puede ser un evento punto no repetitivo que puede distorsionar el modelo.
- Es recomendable que se evalúe el performance de otras modelizaciones alternativas como VAR's estructurales, bayesianos, cointegrados, con medias móviles o los modelos de redes neuronales, que se escapan del presente estudio.
- Incorporar el uso de modelos econométricos para la proyección de variables sensibles para el banco, con el fin de establecer un panorama más claro del futuro en estas variables y superar escenarios adversos de liquidez.

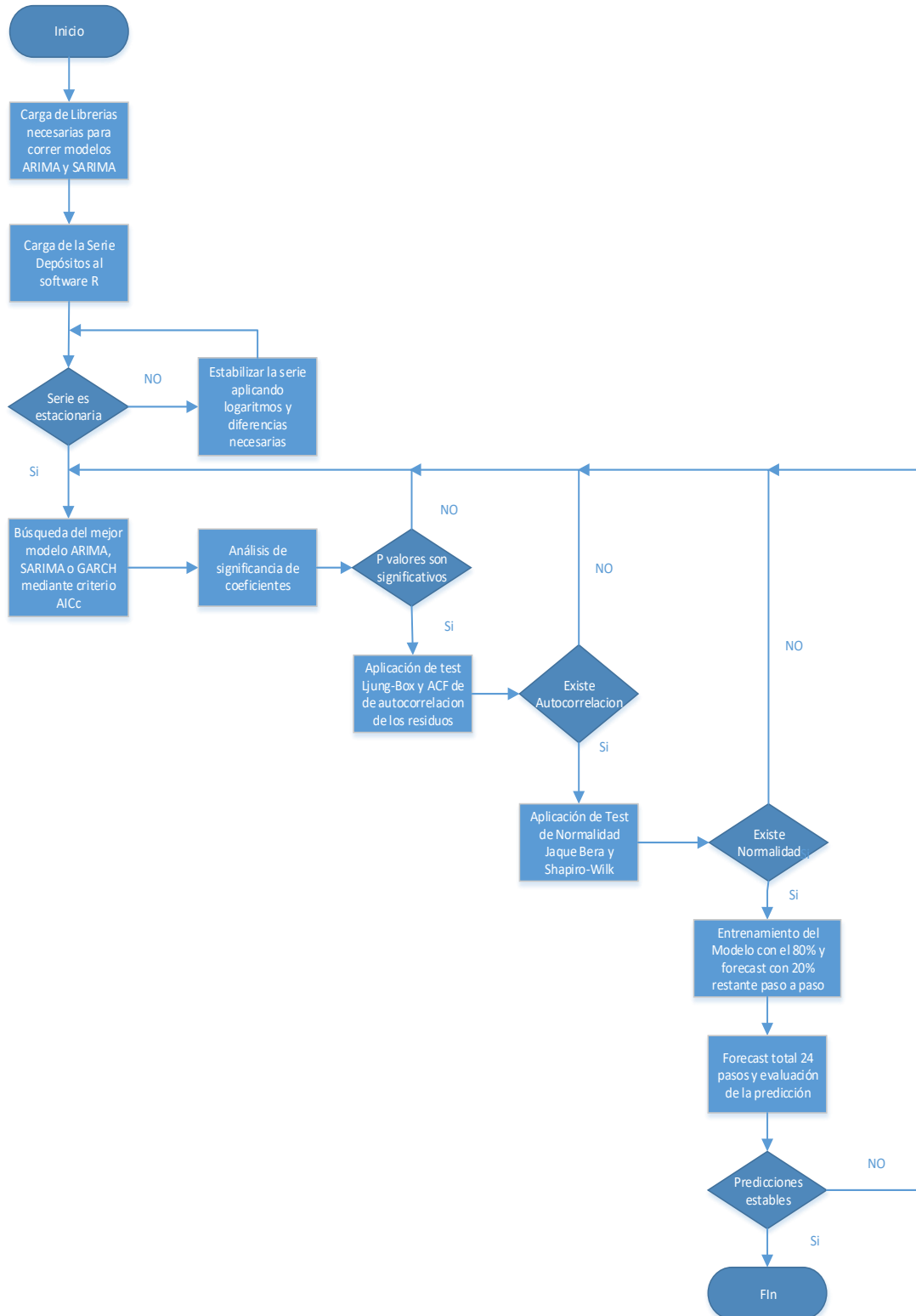
## Bibliografía

- Álvarez, Antonio, Carlos Arias, y Luis Orea. «Introducción al análisis empírico de la producción.» mayo de 2003. [https://www.uniovi.es/oeg/books/IAEP%20\(libro\).pdf](https://www.uniovi.es/oeg/books/IAEP%20(libro).pdf) (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- Banco Central de Ecuador. «Notas metodológicas de la balanza de pagos de Ecuador.» 2017. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/metodologia.pdf> (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- . *Preguntas frecuentes*. 2017. <https://contenido.bce.fin.ec/pregun1.php> (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- . «Reporte del sector petrolero. II trimestre de 2017.» 2017. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP201706.pdf> (último acceso: 7 de diciembre de 2017).
- . «Reservas mínimas de liquidez.» 2017. <https://www.bce.fin.ec/index.php/reserva-minima-de-liquidez-4> (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- Clive, W. *Empirical Modeling in Economics: Specification and Evaluation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Damodar, N, y Dawn Porter. *Econometría*. México: McGraw Hill, 2011.
- Friedman, Milton. «The Methodology of Positive Economics.» *Essays In Positive Economics*, 1966: 3-43.
- Jiménez, Félix. *Elementos de teoría y políticas macroeconómicas para una economía abierta*. Lima: Fondo Editorial, 2012.
- Keynes, J. M. *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Madrid: Fondo de cultura económica., 2014.
- Krugman, Paul, Martha Olney, y Robin Wells. *Fundamentos de economía*. Barcelona: Reverté, 2008.
- Larrin, Felipe, y Jeffrey Sach. *Macroeconomía en la economía global*. Buenos Aires: Pearson, 2002.

- Novales, Alfonso. «Modelos vectoriales autoregresivos (VAR).» enero de 2016.  
[https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR\\_new.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR_new.pdf) (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- Ouliaris, Sam. «¿Qué son los modelos económicos?» junio de 2011.  
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2011/06/pdf/basics.pdf>.
- Peña, Daniel. *Análisis de series temporales*. Madrid: Alianza Editorial, 2010.
- Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española. Inflación*. 2017.  
<http://dle.rae.es/?id=LX5Kqi9> (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- Rosales, Ramón. «Metodología Box - Jenkins.» 2012.  
[https://economia.uniandes.edu.co/files/profesores/ramon\\_rosales\\_alvarez/docs/econometria2/Salidas%20y%20Ejercicios/EJC202220Metodologa20Box20-20Jenkins.pdf](https://economia.uniandes.edu.co/files/profesores/ramon_rosales_alvarez/docs/econometria2/Salidas%20y%20Ejercicios/EJC202220Metodologa20Box20-20Jenkins.pdf) (último acceso: 6 de diciembre de 2017).
- Samuelson, Paul, y William Nordhaus. *Macroeconomía: con aplicaciones a México*. México: McGraw-Hill, 1998.
- Sims, Christopher. «Macroeconomics and Reality .» *Econometrica*, 1980: 1-48.
- Superintendencia de Bancos. «Glosario de Términos Financieros.» 6 de diciembre de 2017.  
[http://www.superbancos.gob.ec/practg/sbs\\_index?vp\\_art\\_id=70&vp\\_tip=2#d](http://www.superbancos.gob.ec/practg/sbs_index?vp_art_id=70&vp_tip=2#d).
- . «SB supervisa al Sistema Financiero Ecuatoriano.» 18 de noviembre de 2014.  
[http://www.superbancos.gob.ec/practg/sbs\\_index?vp\\_art\\_id=7676&vp\\_tip=1](http://www.superbancos.gob.ec/practg/sbs_index?vp_art_id=7676&vp_tip=1).
- Superintendencia de Bancos y Seguros. «Normas Generales para la aplicación de la Ley General de Instituciones del Sistema Financiero.» 23 de diciembre de 2003.  
[http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/nueva\\_cofificacion/todos/lib\\_I\\_tit\\_X\\_cap\\_III.pdf](http://www.sbs.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/nueva_cofificacion/todos/lib_I_tit_X_cap_III.pdf).

## ANEXO 1

### Flujograma para proyección de Depósitos Monetarios con Modelos ARIMA y SARIMA.



## ANEXO 2

### Flujograma para proyección de Depósitos Monetarios con Modelo VAR.

